

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

ГИБКИЕ АВТОМАТИЧЕСКИЕ ЛИНИИ В ДЕРЕВООБРАБОТКЕ

**Учебно-методическое пособие по одноименной
дисциплине для студентов специальности 1-46 01 02
«Технология деревообрабатывающих производств»
заочной формы обучения**

Минск 2006

УДК 658.512.22.011.56.:674(075.8)

ББК 65.050.9(2)2я7

Г 46

Рассмотрено и рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом университета.

Составитель *А. С. Кравченко*

Рецензенты:

зав. кафедрой «Станки и инструменты» БНТУ доцент, кандидат
технических наук *В. И. Туромша*;
доцент БГТУ, кандидат технических наук *С. П. Мохов*

Гибкие автоматические линии в деревообработке : учеб.-метод. пособие по одноименной дисциплине для студентов.
Г46 специальности 1-46 01 02 «Технология деревообрабатывающих производств» заочной формы обучения / сост. А. С. Кравченко – Мн.: БГТУ, 2006.– 72 с.

ISBN 985-434-647-1

Рассмотрены вопросы автоматизации деревообрабатывающих производств, расчета автоматизированного оборудования для серийного производства, а также методы расчета и оценки точности, надежности и эффективности применения автоматических линий, гибких производственных систем, целевых механизмов и систем управления, обеспечивающих автоматизацию изготовления деталей на основе микропроцессорной техники.

УДК 658.512.22.011.56.:674(075.8)
ББК 65.050.9(2)2я7

ISBN 985-434-647-1

© УО «Белорусский государственный
технологический университет», 2006

Учебное издание

**ГИБКИЕ АВТОМАТИЧЕСКИЕ ЛИНИИ
В ДЕРЕВООБРАБОТКЕ**

Учебно-методическое пособие

Составитель **Кравченко** Анатолий Сергеевич

Редактор М. Ф. Мурашко

Подписано в печать 11.09.2006. Формат 60x84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 4,1 . Уч.-изд. л. 4,3 .
Тираж 50 экз. Заказ .

Учреждение образования
«Белорусский государственный технологический университет».
220050. Минск, Свердлова, 13 а.
ЛИ № 02330/0133255 от 30.04.2004.

Отпечатано в лаборатории полиграфии учреждения образования
«Белорусский государственный технологический университет».
220050. Минск, Свердлова, 13.
ЛП № 02330/0056739 от 22.01.2004.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
1. Последовательность автоматизации производственного процесса.....	4
2. Информационные системы ГАЛ.....	12
3. Основные виды внутрицехового транспорта.....	16
4. Транспортные механизмы автоматических линий.....	22
4.1. Автоматические загрузочно-разгрузочные устройства.....	24
4.2. Перегрузочные устройства автоматических линий.....	26
5. Системы диагностирования и управления точностью обработки.....	28
5.1.Изменение работоспособности автоматизированного оборудования и точности изготовления деталей в процессе эксплуатации.....	28
5.2.Компенсация погрешностей изготовления деталей на технологическом оборудовании с ЧПУ.....	34
6.Целевые механизмы автоматических линий и гибких производственных систем.....	42
7. Контрольные устройства автоматических линий и гибких производственных систем.....	50
8. Механизмы автоматической смены инструментов станков с ЧПУ.....	57
Литература.....	70

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях механизация и автоматизация производства служат основой дальнейшего технического прогресса. Они направлены на решение одной задачи – замену труда человека работой машин и устройств.

Для того чтобы построить гибкое автоматизированное производство, необходимо создать определенные предпосылки, т. е. механизировать все технологические операции (включая транспортные и загрузочные) и затем автоматизировать производство.

Вопросы механизации деревообрабатывающих производств и предпосылок их автоматизации подробно изложены в [1, 2, 3, 4, 5]. Направления комплексной автоматизации определяет тип производства. Так, для массового производства характерно применение автоматических поточных линий и роторных технологий. Для мелкосерийного производства с широкой и часто меняющейся номенклатурой основное направление комплексной автоматизации – гибкие производственные системы, т. е. быстро автоматически переналаживаемые производства на выпуск новых изделий, что характерно для деревообрабатывающих производств.

Учебно-методическое пособие дает студентам представление о гибких автоматических линиях (ГАЛ) и гибких производственных системах (ГПС), в нем рассматриваются вопросы внедрения автоматики для серийного производства в деревообработке, а также применения оборудования с числовым программным управлением (ЧПУ), которое позволяет управлять точностью и качеством обработки деталей в процессе их изготовления, что дает возможность полностью исключить выход продукции, не отвечающей нормативно-техническим требованиям.

1. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА

Автоматизация производственных процессов – комплекс мероприятий по разработке высокоинтенсивных технологических процессов и созданию на их основе высокопроизводительного оборудования, выполняющего технологические и вспомогательные процессы без непосредственного участия человека.

Автоматизация производственного процесса всегда предшествует его механизации. При автоматизации внедренная ранее механизация служит объектом автоматического управления. Автоматизация касается не столько способов воздействия на предмет труда, сколько управления этим способом.

Анализируя историю и тенденцию развития автоматизации производственных процессов, можно выделить три этапа, на которых решались различные по своей сложности задачи:

- автоматизация рабочего цикла, создание полуавтоматов и машин-автоматов;
- автоматизация системы машин, создание автоматических линий;
- комплексная автоматизация производственных процессов, создание автоматических цехов и заводов.

Первый этап автоматизации – теоретическое решение поставленных задач с использованием знаний по физике, математике, математического моделирования с привлечением аналоговых и вычислительных машин. Результат решения этой задачи – физико-математическая модель будущего объекта, например токарного станка-автомата. Эти задачи рассматривают отраслевые научно-исследовательские институты и конструкторские бюро.

После разработки модели определяют технико-экономические показатели и оценивают ее эффективность по сравнению с существующими моделями станков. Прежде всего – экономическую целесообразность создания модели и способов управления технологическими процессами. Цель оценки: определение способности модели выполнять заданные функции; достижение максимальной производительности труда, высокого качества выпускаемой продукции, максимального использования топлива, оборудования и сырья, максимального объема реализации продукции.

После экономической оценки с помощью инженерного метода оптимизируют осуществление разработанного решения. Под оптимизацией в данном случае понимают простой, надежный и эффективный метод претворения в действительность поставленной задачи и разработки конкретной конструкции.

В зависимости от назначения узлы машины разбивают на группы по функциональным признакам, например транспортные и загрузочные средства, исполнительные и регулирующие устройства автоматики. Все средства группируют по близким признакам в унифицированные блоки, из которых составляют комплексы средств автоматизации.

Полуавтомат – машина, работающая с автоматическим рабочим циклом, для повторения которого требуется вмешательство рабочего, например: загрузка заготовок, включение и выключение машины, съем готовых изделий, контроль.

Автомат – самоуправляющаяся рабочая машина, которая производит все рабочие и холостые ходы цикла обработки, кроме контроля и наладки.

На рис. 1 показана примерная структурная схема автомата.

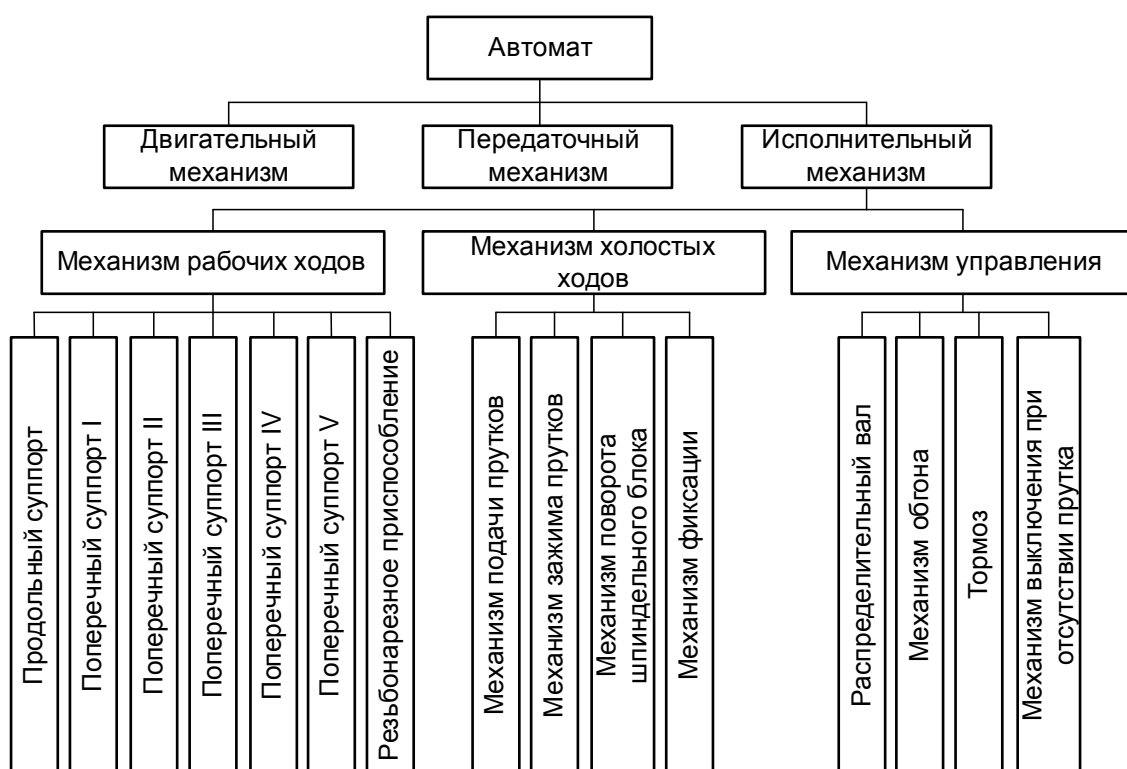


Рис. 1. Структурная схема автомата

Как видно из схемы, совокупность механизмов можно разделить, в свою очередь, на ряд целевых механизмов, каждый из которых выполняет определенную операцию рабочего цикла. Количество и назначение целевых механизмов определены технологическим назначением и схемой работы автомата.

Управление рабочим циклом всех механизмов механическое, через распределительный вал и систему кулачков.

Высшая форма автоматизированного производства на первом этапе – поточные линии из полуавтоматов и автоматов, где человек осуществляет наладку машины, контроль за правильным соблюдением технологического процесса и исправление возникающих неполадок (смена инструмента, регулировка механизмов машин и т. п.).

Межстаночную транспортировку деталей, межоперационный контроль, уборку стружки и т. п. в пределах технологической поточной линии осуществляют так же, как и внутрицеховую транспортировку, складирование и т. д., вручную или с применением средств механизации.

Таким образом, на первом этапе автоматизируют технологический процесс, и автоматизация охватывает, как правило, лишь отдельные операции обработки.

Механизация и автоматизация технологических процессов может быть полной, когда весь человеческий труд заменен работой машины, или неполной, когда часть труда рабочего заменяется работой машины.

Качественную и количественную оценку состояния технологического процесса (ГОСТ 14.309–74) производят по трем показателям: виду, ступени и категории.

По виду различают единичную и комплексную механизацию (условно обозначенную М и КМ соответственно) и единичную и комплексную автоматизацию (А и КА), например, в одной операции механизирована только загрузка заготовки (единичная механизация) или в пяти операциях обработки детали только одна автоматизирована (единичная автоматизация).

Установлено десять ступеней применяемости механизации и автоматизации технологических процессов (от единичных операций до организации технологии на уровне всей промышленности).

Для понимания рассмотрим следующий пример. При изготовлении любой продукции необходима ритмичная и

взаимосвязанная работа многих отраслей народного хозяйства: добывающей, заготовительной и др.

На деревообрабатывающих предприятиях имеется набор технологического оборудования, а также службы транспорта, снабжения и др. Цех имеет такие структурные единицы, как участки, отделения, группы.

Теперь предположим, что, начиная с отрасли и до станка в группе, процессы по изготовлению продукции механизированы или автоматизированы. Определим все десять ступеней применения механизации и автоматизации при изготовлении изделия.

Ступени с первой по четвертую характеризуют механизацию и автоматизацию процессов непосредственно в цехе. Первая ступень – это автоматизация единичной технологической операции, вторая – системы операций законченного технологического процесса, третья – системы технологических процессов, выполняемых на участке или в отделении цеха, и, наконец, четвертая ступень – системы технологических процессов, полностью выполняемых в цехе.

Пятая ступень определяет применение механизации и автоматизации системы технологических процессов в пределах группы однородных (например, механических) цехов предприятия, а шестая – в пределах предприятия.

Ступени с шестой по девятую определяют применение механизации и автоматизации высшей системы технологических процессов в пределах научно-производственных объединений (седьмая), территориально, в системе региона – восьмая и в пределах одной отрасли всей страны – девятая.

Наивысшая, десятая, ступень определяет систему технологических процессов, выполняемых с применением механизации и автоматизации в системе нескольких отраслей народного хозяйства страны.

Принято условное обозначение ступеней автоматизации: 1 – единичная технологическая операция; 2 – законченный технологический процесс; 3 – система технологических процессов, выполняемых на производственном участке; 4 – система технологических процессов в пределах цеха; 5 – система технологических процессов в пределах технологически однородных цехов; 6 – система технологических процессов в пределах предприятий; 7 – система технологических процессов в пределах производственных фирм при научно-производственных

объединениях; 8 – в пределах отдельных объединений; 9 – в пределах одной отрасли промышленности и 10 – система технологических процессов, выполняемых на уровне ряда отраслей промышленности страны.

При механизации и автоматизации часть времени на выполнение технологического процесса затрачивает машина без участия рабочего T_m и часть времени – рабочий, T_p . Отношение машинного времени к общему времени выполнения операций процесса называют *коэффициентом механизации*:

$$K = \frac{T_m}{T_m + T_p}$$

В зависимости от уровня и влияния вида механизации и автоматизации на составляющие технологического процесса установлено восемь категорий автоматизации: нулевая, низшая, малая, средняя, большая, повышенная, высокая и полная – с количественной оценкой от 0 до 1.

Предположим, в цехе вообще нет средств механизации и автоматизации – цех с нулевой категорией.

Второй этап автоматизации – автоматизация системы машин, создание автоматических линий, объединяющих в себе выполнение разнообразных операций обработки, контроля, сборки и упаковки.

Автоматическая линия – система машин, расположенных в технологической последовательности, объединенных средствами транспортировки, управления, автоматически выполняющих комплекс операций, кроме наладки.

На рис. 2 показана схема типовой автоматической линии по изготовлению корпусной детали. Деталь последовательно проходит через все стадии обработки, начиная с загрузочной. В каждой рабочей позиции деталь фиксируют и зажимают в стационарные приспособления, а после выполнения операции по транспортеру подают на следующую рабочую позицию. Механизм на позиции работает самостоятельно и сигнализирует о выполнении операции, например об окончании зажима. После получения последнего сигнала выдается общая команда на пуск агрегатных головок. Каждая головка имеет автономную систему управления с соответствующим циклом работы. С каждой головки поступает сигнал об окончании операции. Последний сигнал с головки самого

длительного цикла вновь включает механизмы зажима и фиксации, которые освобождают обрабатываемые детали в приспособлениях. Процесс обработки синхронизируется с работой других механизмов (поворотных столов, механизмов удаления стружки и т. п.).

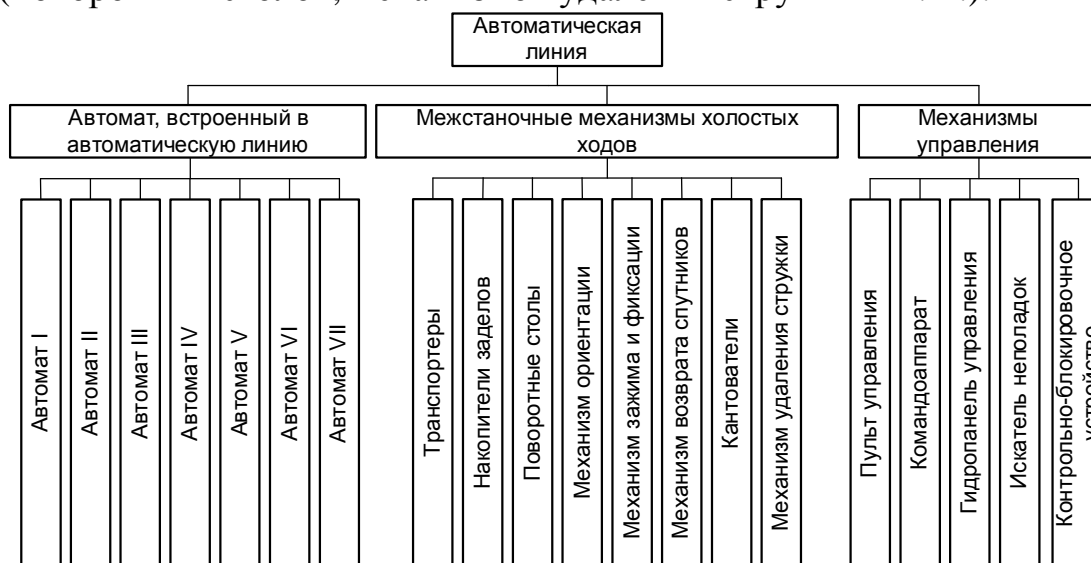


Рис. 2. Структурная схема типовой автоматической линии

Сложность системы управления автоматической линией потребовала нового подхода к решению проблемы. Появились новые системы управления, основанные на применении гидравлических, пневматических, электрических и электронных устройств. Созданы методы автоматического контроля.

Высшая форма автоматизации на втором этапе – комплексные поточные линии из полуавтоматов и автоматов.

Третий этап автоматизации – комплексная автоматизация производственных процессов, создание автоматических цехов и заводов.

Автоматический цех или завод – это цех или завод, где основные производственные процессы осуществляются на автоматических линиях с использованием автоматических систем управления, вычислительной техники, системы управления качеством и т. п.

На рис. 3 представлена структурная схема автоматического цеха, оснащенного роторными линиями. Здесь элементы, выполняющие рабочие ходы, – это автоматические линии с технологическими роторными машинами, механизмами транспортировки, управления и т. д. Современный автоматический завод представляет собой сложный

многозвенный объект управления, все элементы которого в постоянном динамическом взаимодействии друг с другом. Установление оптимальных взаимосвязей между элементами объекта управления для достижения наилучших экономических показателей работы автоматизированного предприятия определяет выполнение функций автоматических систем. Использование ЭВМ позволяет решать не только задачи управления производством, но и гибкого управления технологическими процессами и всем технологическим комплексом оборудования.

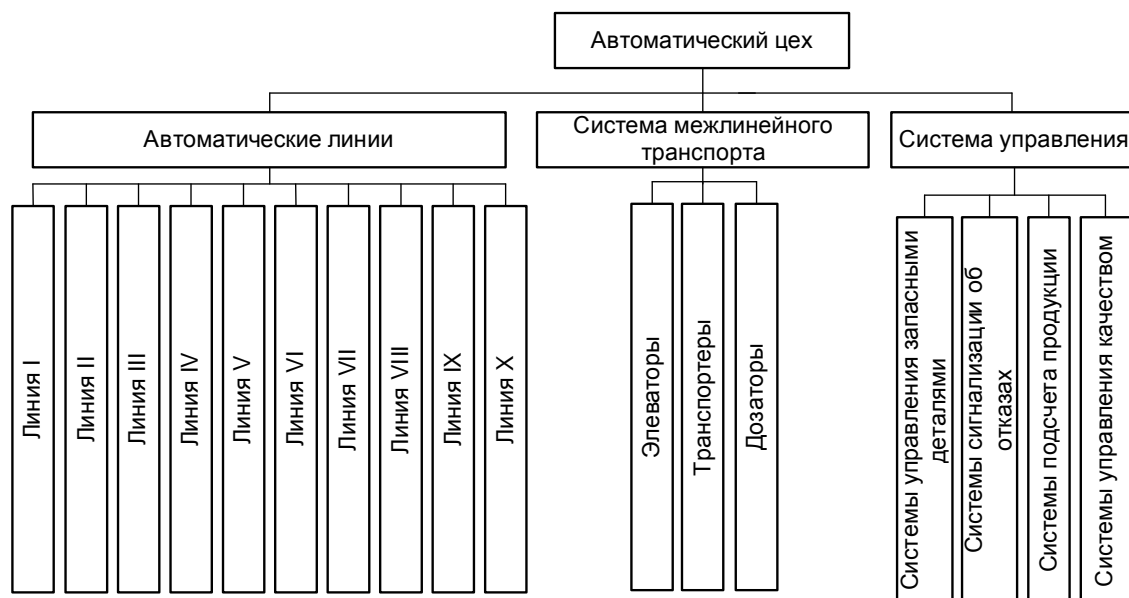


Рис. 3. Структурная схема автоматического цеха

Анализируя развитие гибких автоматизированных производственных систем (ГПС) и гибких автоматизированных технологических комплексов, можно сказать, что «производственная гибкость» проявляется при любом уровне производства. Например, гибкой можно назвать систему, состоящую из универсального станка и квалифицированного рабочего. Степень гибкости определяют в данном случае скоростью и диапазоном перестройки на изготовление разных деталей, но не только этим.

В определенном смысле ГПС можно считать условно станком с числовым программным управлением (ЧПУ). Станки с ЧПУ позволяют не только автоматизировать процесс взаимодействия на

предмет труда, но и автоматизировать перестройку управления для изготовления новых деталей.

Следующий шаг в обеспечении «производственной гибкости» – автоматический поиск и замена инструмента или приспособлений; далее – автоматизация загрузки заготовок и разгрузки готовых деталей, их транспортировки; автоматизация учета; автоматизация вспомогательных операций и т. д.

Технические средства для такой автоматизации, кроме станков с ЧПУ, – обрабатывающие центры, промышленные роботы, автоматические транспортные средства, автоматизированные склады. В ГПС входит и система управления с использованием вычислительной техники.

Гибкую автоматизированную производственную систему обобщенно можно представить как совокупность технологического оборудования, способного автоматически перестраиваться на выпуск нового изделия. Управляющий вычислительный комплекс – это мозг всей системы, внимательно отслеживающий состояние периферийных органов и перестраивающий в случае необходимости ее работу так, чтобы выполнить возложенные на нее задачи, основным компонентом которого являются информационные системы.

2. ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ГИБКИХ АВТОМАТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ

Информационно-измерительная система – неотъемлемая часть гибких автоматических линий, без которой они не могут нормально функционировать.

Функции сбора информации выполняют датчики, воспринимающие информацию о внешней среде и преобразующие ее в электрические сигналы. Сигналы по каналам связи передаются в ЭВМ, которая обрабатывает полученную информацию, выявляет изменения во внешней среде, принимает решения о том, как должна функционировать управляющая система в изменившейся обстановке, и вырабатывает управляющие воздействия, которые передаются исполнительным органам. Таким образом, реализуется обратная связь, которая и позволяет ГАЛ адаптироваться к изменениям внешней среды.

По функциональному назначению сенсорные системы делятся на две большие группы. В одну входят системы, предназначенные для восприятия и обработки информации о внешней среде, в том числе и об объектах обработки; в другую – системы, предназначенные для контроля состояния самой ГАЛ. К первой группе относятся системы локационные, технического зрения, тактильные сенсорные. Датчики состояния включают датчики положения, датчики скорости движения, датчики крутящего момента и средства внутренней диагностики. В гибких автоматизированных производствах наиболее широко применяются системы осязания – это системы технического зрения (СТЗ) и тактильные сенсорные системы.

В промышленных СТЗ обычно выделяют следующие основные подсистемы: видеодатчик, осветитель, блок обработки видеоинформации и микропроцессорная система управления с соответствующим математическим обеспечением.

В качестве видеодатчиков используются промышленные телевизионные установки и датчики на основе фотоэлементов, имеющие матричную структуру. Процесс обработки зрительной информации включает следующие этапы. С помощью датчиков СТЗ информация о двухмерной или трехмерной сцене воспринимается и преобразуется в изображение. Это изображение передается в устройство обработки информации. В качестве таких устройств, как

правило, используются средства вычислительной техники, поэтому в процессе передачи осуществляется первичная обработка информации, содержащейся в изображении, для преобразования ее в форму, воспринимаемую ЭВМ. Поступившая в ЭВМ информация подвергается анализу, в ходе которого выделяются характерные признаки объектов и создается формализованное описание среды, воспринимаемой СТЗ.

Затем решается задача идентификации объектов, воспринимаемых СТЗ. Эта задача решается путем сопоставления полученного формализованного описания внешней среды с заданным множеством моделей объектов. Объекты сцены, их элементы в зависимости от расположения относительно источника освещения и отражающей способности поверхностей идентифицируются благодаря различиям в уровне яркости отраженного ими света.

По способности выявлять различия между уровнями яркости разных точек изображения все СТЗ делятся на две группы – *бинарные* и *полутоновые*. Наиболее распространены сейчас бинарные системы, которые гораздо проще. В них яркость в каждой точке изображения может иметь только два значения: «черное» и «белое». Таковы, в частности, СТЗ, оснащенные датчиками на базе фотоэлементов. СТЗ на базе телекамер могут быть как бинарными, так и полутоновыми. Число уровней квантования в них достигает 256.

По геометрическим характеристикам объектов сцены, воспринимаемых СТЗ, различают системы *двухмерные* и *трехмерные*. Двухмерные СТЗ работают обычно с одной видеокамерой при рассеянном освещении. Воспринимаемое ими изображение – плоское. Трехмерные СТЗ предназначены для идентификации любых пространственных характеристик объектов сцены.

Различают два подкласса трехмерных СТЗ. Системы одного подкласса способны получать объемную информацию о сцене по серии плоских изображений. Расстояние по третьей координате может быть получено, например, путем поиска фиксированных точек объекта на стереоскопических изображениях и определено по относительному положению этих точек расстояния до камеры. В системах другого подкласса используется метод структурированного освещения или метод непосредственного измерения.

Метод структурированного освещения основан на использовании проекций световых масок. Такими масками служат световая точка,

световая полоса, световая решетка из перпендикулярных световых полос. Если в любой момент времени известно взаимное расположение источника света и приемника в пространстве, то по смещению проекции световой маски на плоском изображении можно определить расстояние от поверхности объекта, отражающей свет, до видеокамеры.

В трехмерных СТЗ, базирующихся на методе непосредственного измерения, расстояние до объекта и его элементов определяется по времени прохождения сигнала, т. е. фазового сдвига отраженного сигнала. В качестве источников сигнала используются лазеры, радары, сонары и др. Сигнал, отраженный от поверхности объектов сцены, несет информацию о пространственной форме этих объектов. Кроме методов непосредственного определения расстояния до любой точки объектов сцены путем измерения времени прохождения импульса, генерируемого сканирующим излучением, либо фазы отраженного света, используются методы, основанные на анализе интерференционной картины, получаемой в результате взаимодействия опорной и отраженной когерентных волн.

Изображение, получаемое с помощью датчиков СТЗ, содержит большой объем информации, поэтому очень сложной задачей является анализ изображения, в результате которого необходимо выделить смысловое его содержание, т. е. распознать объект. При решении этой задачи обычно выделяют три уровня детализации изображения: точек, однородных областей и объектов сцены.

Однородные области – это связанные множества точек изображения, сходных по каким-либо признакам, например одинаковых по яркости. На уровне одинаковых областей анализируются, например, контуры объектов сцены. Для выявления контуров объектов используются методы прослеживания контуров, основанные на вычислении производных различного порядка в окрестностях точек, принадлежащих контуру. Эти методы реализуются алгоритмами последовательного анализа точек изображения, поэтому для обработки изображения требуется много времени, и для решения этих задач применяются мультипроцессорные вычислительные системы с иерархической структурой, которые работают по алгоритмам параллельной обработки изображений. Изображение делится на фрагменты, каждый из которых анализируется своим микропроцессором и выявляет контуры,

содержащиеся во фрагментах. Эти микропроцессоры составляют первый уровень иерархической мультипроцессорной системы. Процессоры второго уровня объединяют контуры, полученные в сложных фрагментах, в контурное изображение сцены. Используя эту информацию, микропроцессор третьего уровня анализирует изображение на уровне объектов сцены.

Не меньшее значение имеют тактильные сенсорные системы, воспроизводящие способности человека к осязанию. Чаще всего тактильный датчик представляет собой сложное устройство, способное преобразовывать физическое воздействие в электрические сигналы. Эти свойства тактильных датчиков позволяют решать с их помощью ряд задач восприятия информации, например распознавания формы объекта, находящегося в схвате, определение координат центра масс детали, контроль деформации объекта манипулирования, температуру объекта и др.

В качестве материала для изготовления сенсорных датчиков используют поливинилфторид. Пленка из поливинилфторида в результате особой обработки получает нужные пьезоэлектрические свойства и после этого металлизуется с обеих сторон. Помимо пьезоэлектрических свойств, позволяющих использовать эту пленку как чувствительный элемент для восприятия информации об изменении давления, она обладает пирометрическими свойствами, дающими возможность контролировать температуру.

Прием сигналов обеспечивается за счет сканирования узлов матрицы с помощью аналоговых и цифровых устройств. По сложности задач, конструкции, объему информации тактильные сенсорные системы близки с СТЗ.

3. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ВНУТРИЦЕХОВОГО ТРАНСПОРТА

Под внутрицеховым транспортом понимают совокупность средств, выполняющих операции перемещения материалов, заготовок, деталей и готовых изделий между отдельными участками потока или автоматическими линиями. Средства внутрицехового транспорта являются организующим началом эффективной эксплуатации автоматических линий.

В зависимости от направления движения различают транспорт горизонтальный, вертикальный и пространственный. *Горизонтальным транспортом* принято называть различные транспортные средства (тележки, транспортеры), перемещающие предметы труда на одном уровне. *Вертикальный транспорт* служит для передачи материалов (заготовок, деталей, изделий) между этажами или производственными агрегатами, находящимися на разных уровнях (лифты, блоки). *Пространственный транспорт* предназначен для перемещения материалов в горизонтальном и вертикальном направлениях (мостовые краны, тельферы).

В зависимости от способа действия все транспортные средства подразделяют на средства периодического и непрерывного действия. *Средства периодического действия* транспортируют материалы отдельными порциями периодически через определенные промежутки времени (автопогрузчики, самоходные тележки). К *средствам непрерывного действия* относятся транспортеры (конвейеры).

Транспортеры бывают с постоянной и переменной скоростью. Тяговым органом транспортера может служить лента, цепь и канат. По пространственному расположению бывают напольные, эстакадные и подвесные транспортеры.

Роликовые транспортеры, или рольганги, устроены в виде длинных роликовых столов или отдельных секций. Транспортер имеет небольшой (не более $1\div 30^\circ$) уклон в сторону движения. Кроме неприводных транспортеров, применяют приводные роликовые транспортеры, имеющие ролики с принудительным вращением от специального привода.

Ленточный транспортер состоит из бесконечной гибкой ленты, натянутой на два барабана. Один из них приводит ленту в движение, а другой используется для ее натяжения. Ленту изготавливают из прорезиненной ткани капрона, стали (цельнопрокатанной или сетчатой). Верхняя ветвь ленты обычно бывает рабочей, так как она

перемещает грузы. Чтобы ветвь не провисала, она передвигается по деревянному настилу или роликам.

Пластинчатый транспортер применяют для перемещения более тяжелых грузов (по сравнению с ленточным транспортером). Вместо ленты установлены отдельные жесткие металлические или деревянные пластины, укрепленные концами на двух бесконечных цепях. Цепи огибают приводные цепные звездочки.

Скребковый транспортер используют для перемещения насыпных грузов (опилок, стружек, технологической щепы). Он представляет собой неподвижный желоб, по которому движутся скребки, укрепленные на тяговых цепях или канатах. Скребковый транспортер удобен для загрузки и разгрузки материалов и создает возможность их автоматического распределения по приемным устройствам через открываемые разгрузочные отверстия в желобе.

Шаговый транспортер (рис. 4) выполняет шаговое перемещение груза (детали или части изделий) на следующую позицию. Груз 1 перемещается по неподвижным направляющим 2 с помощью толкающей штанги 3, получающей возвратно-поступательное движение от гидроцилиндра 4. На штанге шарнирно укреплены упоры-собачки 5 на расстоянии, равном шагу перемещения. При ходе штанги вперед (рабочий ход) упор-собачка захватывает груз и перемещает его на один шаг к следующей позиции. При обратном (холостом) ходе упор-собачка поворачивается на шарнирной оси и отклоняется вниз.

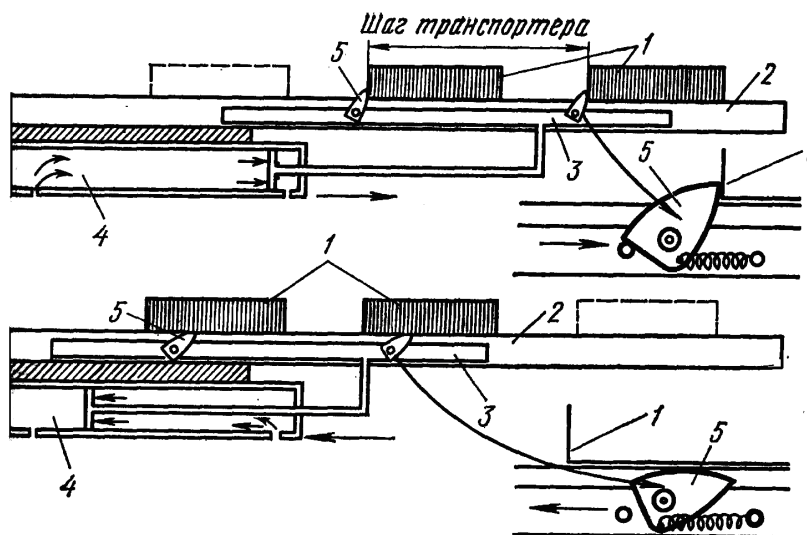


Рис. 4. Шаговый транспортер:
а – рабочий ход; б – холостой ход; 1 – перемещаемый груз; 2 – неподвижные

направляющие; 3 – толкающая штанга; 4 – гидроцилиндр; 5 – упоры-собачки

Подвесной цепной транспортер представляет собой замкнутый в пространстве рельс, по которому с помощью бесконечной цепи, приводимой в движение специальным приводом, перемещаются каретки с подвесками для груза. Такой транспортер применяют в автоматизированных линиях для нанесения лакокрасочных покрытий на изделия (оконные и дверные блоки, стулья) и их последующей сушки.

Подвесной цепной транспортер может перемещать изделия между разными этажами и концами здания, не загромождая проездов и проходов (благодаря верхнему расположению всех основных узлов транспортера).

Цепные транспортеры бывают однопутными и двухпутными. Двухпутный транспортер (рис. 5) имеет два подвесных рельсовых пути – тяговый 4 и грузовой 1. По верхнему тяговому пути передвигаются

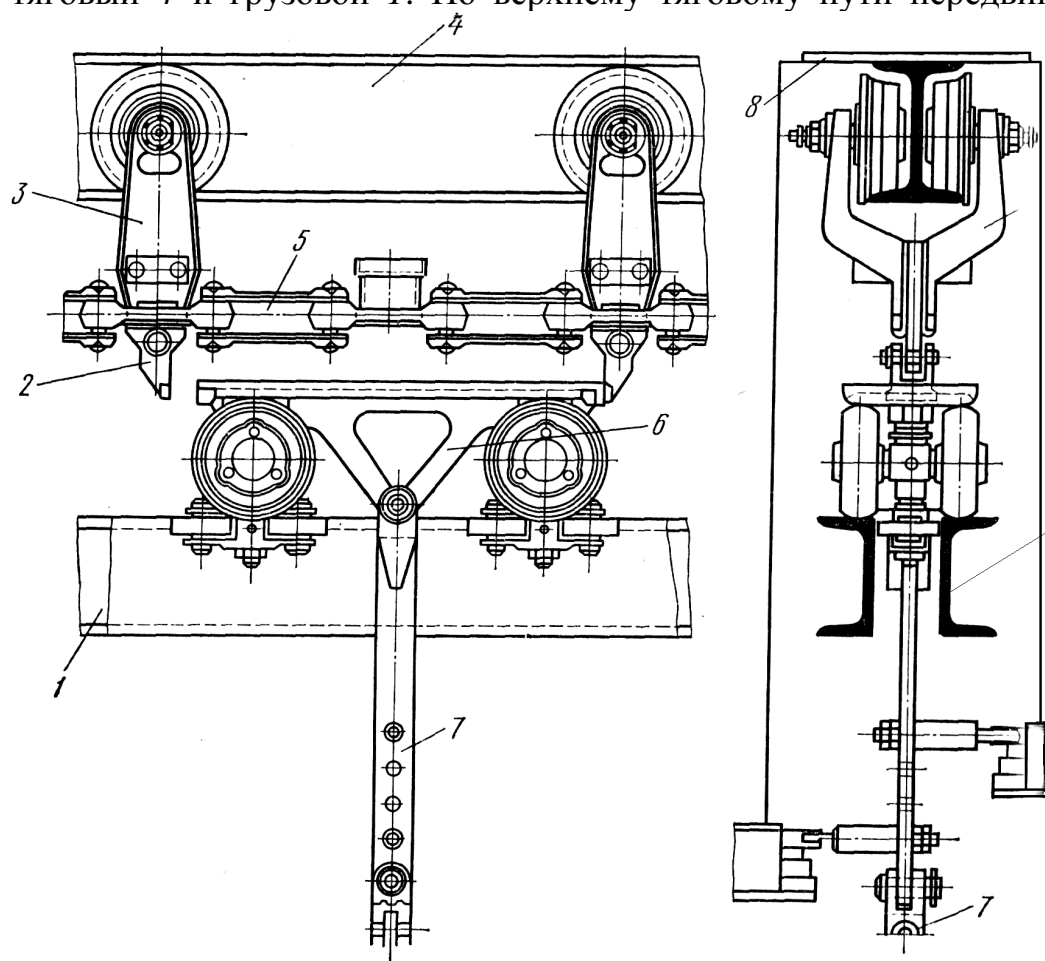


Рис. 5. Ходовая часть двухпутного цепного транспортера:
1 – грузовой подвесной рельсовый путь; 2 – кулачки-толкатели; 3 – каретка;

4 – тяговый подвесной рельсовый путь; 5 – тяговая цепь; 6 – грузовая тележка; 7 – подвеска для транспортируемых грузов; 8 – металлоконструкция каретки 3, к которым прикреплена тяговая цепь 5. Нижний грузовой путь предназначен для перемещения по нему грузовых тележек 6 с подвесками 7 для транспортируемых грузов. Рельсовые пути скреплены металлоконструкцией 8 для подвешивания рельсовых путей к строительным элементам здания. Посредством кулачков-толкателей 2, шарнирно закрепленных на каретке, усилие от тяговой цепи передается грузовым тележкам.

Отсутствие постоянной связи тяговой цепи с грузовой тележкой позволяет в необходимых местах останавливать транспортирование грузов и переключать их к движению другого транспортера (без перегрузок с одной линии на другую). Такой принцип применен в транспортном устройстве линии нанесения лакокрасочных покрытий на оконные блоки.

Тележечный транспортер состоит из замкнутого тягового приспособления (цепи, каната), расположенного внизу, и безрельсовых тележек-вагонеток. Тяговое приспособление снабжено упорами-толкателями для перемещения тележек.

Тележечный транспортер применяют для сушки лакокрасочных покрытий, нанесенных на щитовые и погонажные детали, лыжи и древесноволокнистые плиты, при этом плиты укладывают на тележку, и тяговое приспособление перемещает ее в сушильную камеру. Пройдя всю камеру, тележка выходит с противоположного конца, и ее направляют для разгрузки.

Вибрационный транспортер (рис. 6) состоит из механизма привода, придающего колебания (вибрацию) желобу 1, установленному на пружинах 2, смонтированных на жестком основании 3. В качестве привода для создания возмущающей силы применяют механические, пневматические, гидравлические, электромагнитные и другие виды вибраторов.

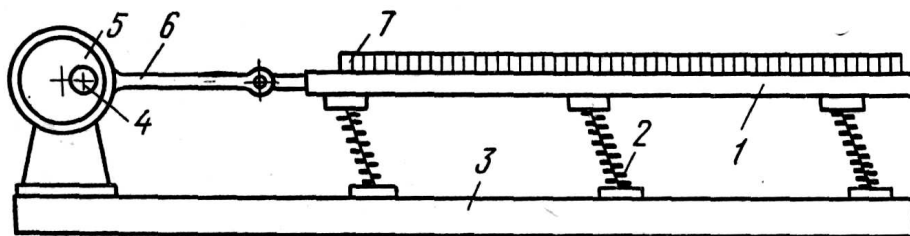


Рис. 6. Вибрационный транспортер:

1 – вибрирующий желоб; 2 – пружины; 3 – основание; 4 – валик;
5 – эксцентриковая втулка; 6 – переходник; 7 – перемещаемый материал

У механического вибратора вращение от электродвигателя передается валику 5, на котором закреплена эксцентриковая втулка 5, связанная переходником 6 с качающимся желобом. При каждом обороте электродвигателя желоб совершает одно колебание. Материал 7 перемещается по вибрирующему желобу в результате сложения действия колебаний, следующих одно за другим.

Вибрационный транспортер применяют для перемещения мелких деталей (планки паркетных досок, шурупы, гвозди), засыпаемых навалом и выдаваемых в автоматы в ориентированном положении.

Пневматический транспортер работает на всасывание за счет разрежения воздуха, создаваемого в трубопроводе. Такую систему применяют для транспортирования стружек, опилок, технологической щепы и других насыпных материалов, а также планок лицевого покрытия паркетных досок.

Остальные штучные грузы транспортируют в специальных патронах, которые загружают в зоне отправления транспортера, а разгружают в приемной зоне.

Транспортер на воздушной подушке отличается от других транспортеров тем, что давлению перемещаемого груза на опорную поверхность противодействуют струи сжатого воздуха. Благодаря этому коэффициент трения снижается до 0,001 (при толщине воздушной подушки 2,0–2,5 мм). Если для толкания тележки с грузом 150 кг требуется усилие 32 кг/с, то при воздушной подушке (пневмоподдоне) всего лишь 0,3 кг/с.

Транспортер представляет собой желоб, в который подается сжатый воздух. Сверху желоба находится крышка с отверстиями, в которые вмонтированы шаровые клапаны на пружинах. Перемещающийся груз отжимает пружины и открывает клапаны. Сжатый воздух выходит под перемещаемый груз, поддерживая его в подвешенном положении.

Передвижение получается легким и плавным, без опасности каких-либо механических повреждений изделий, например щитов с полированными поверхностями.

На транспортерах с замкнутой трассой большой протяженности применяют автоматическую загрузку и разгрузку транспортируемого груза в заданных пунктах с помощью систем автоматического адресования.

Различают два принципа адресования грузов:

- централизованное слежение за ходом грузовых тележек транспортной системы по сигналам от путевых выключателей и фотореле с подачей централизованных команд на остановку тележек, перевод стрелок и передачу тележек с одного транспортера на другой;
- децентрализованное задание маршрута каждой тележки с помощью адресных устройств, смонтированных на тележках (поворотный рычаг, адресные пальцы или кольца, перфокарта или переключатель). Простейшим адресователем служит укрепленная на тележке планка с отверстиями, в которые оператор вставляет штифты. Подходя к стрелке, штифты замыкают определенный конечный выключатель, воздействующий на механизм привода стрелки.

4. ТРАНСПОРТНЫЕ МЕХАНИЗМЫ АВТОМАТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ

Транспортные механизмы автоматических линий служат для передачи обрабатываемых деталей от одного станка к другому или с одной позиции на другую. Такие механизмы, обеспечивая заданный ритм работы, выполняют еще ряд довольно сложных операций по загрузке и разгрузке рабочих позиций станков линии, а также по изменению направления движения обрабатываемых деталей.

Конструкция транспортных механизмов автоматической линии зависит от вида межстаночной связи, типа станков, составляющих линию, и характера обрабатываемых деталей или изделий. Поэтому в одной и той же линии на различных участках бывают иногда различные по устройству транспортные механизмы.

В линиях с жесткой межстаночной связью единая транспортная система проходит через все рабочие позиции. Такая система должна обеспечивать необходимую точность перемещения и базирование обрабатываемой детали во всех позициях. Кроме того, от этой системы требуется высокая надежность при эксплуатации, так как какая-либо неисправность в одном месте вызывает остановку всех станков линии.

В линиях с гибкой межстаночной связью каждый станок или участок линии имеет свою транспортную систему, работающую самостоятельно. Между станками имеются межоперационные заделы обрабатываемых деталей. Неисправность транспортной системы у одного станка вызовет остановку только этого станка, а не всей линии. Станки, расположенные в линии за простаивающим станком, будут продолжать работу за счет расходования ранее созданных межоперационных заделов. Другие станки, находящиеся до простаивающего станка, будут также продолжать работу за счет увеличения межоперационных заделов.

Для хранения и выдачи межоперационных заделов служат транспортеры-накопители, которые применяют, чтобы уменьшить простои линии. Однако сложные механизмы накопителей также могут вызвать простои линии.

Чем больше будут работать эти механизмы, тем чаще они будут ломаться и выходить из строя. Поэтому накопитель не должен постоянно работать и использоваться как транспортер. При нормальной работе линии он отключается. Обрабатываемые детали

передаются непосредственно от одного станка к другому, минуя накопитель. Заделы находятся в стороне. Накопитель должен включаться лишь после остановки предыдущего или последующего станков, входящих в состав линии.

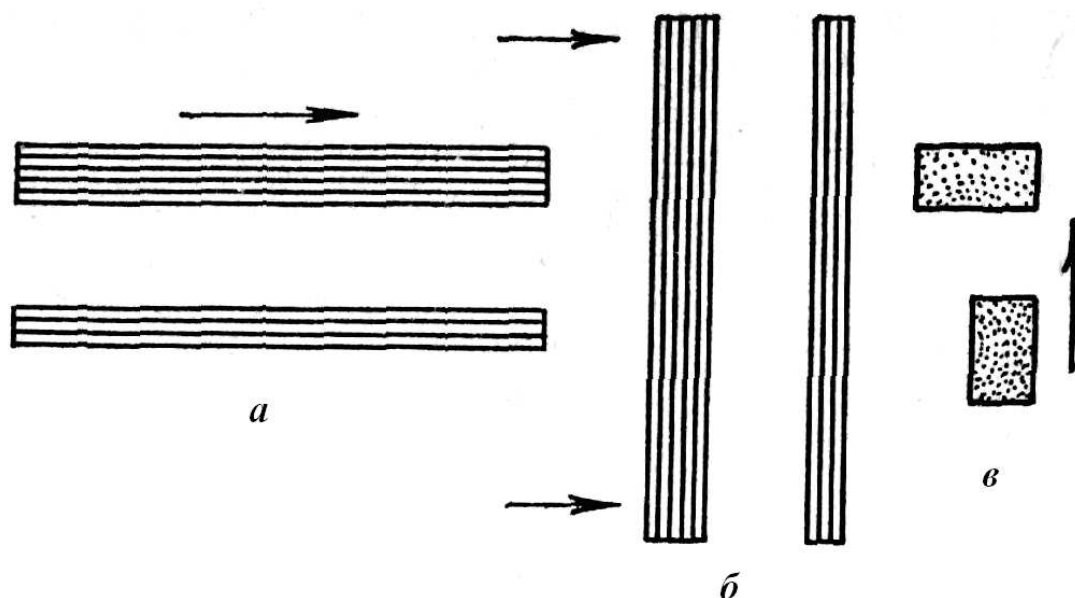


Рис. 7. Направление движения деталей в транспортных механизмах:
а – горизонтальное продольное, *б* – горизонтальное поперечное; *в* – вертикальное;

Направление движения обрабатываемых деталей в транспортных механизмах может быть горизонтальным (рис. 7, *а*, *б*) и вертикальным (рис. 7, *в*). При горизонтальном направлении подача бывает продольной и поперечной. При вертикальном направлении подача бывает только поперечной. При подаче детали могут базироваться (опираться) пластью или кромкой. Деталь имеет более устойчивое положение, когда она опирается широкой стороной (пластью).

Детали подаются транспортными механизмами с разрывами или без разрывов (рис. 8). При продольном перемещении разрывы между деталями могут быть произвольной (рис. 8, *а*) (при подаче вальцами или лентой) или определенной (рис. 8, *б*) (при подаче упорами цепи) длины. Для производительной работы наиболее целесообразна подача без разрывов (торец в торец) (рис. 8, *в*). В этом случае используют толкающие транспортеры. Толкатель воздействует на только что

поданную деталь, а она толкает последующую и т. д. При поперечном перемещении отсутствие разрывов или подача сплошным ковром уменьшает возможность образования сколов при концевой обработке деталей.

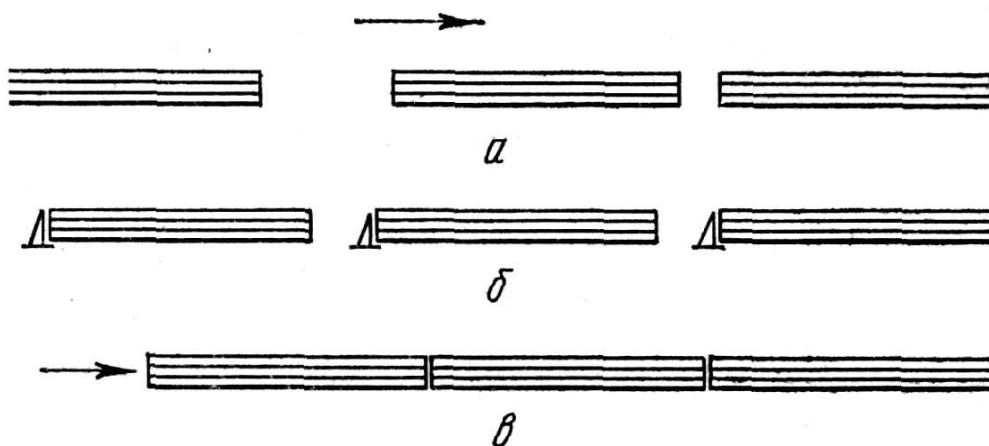


Рис. 8. Подача деталей транспортными механизмами:
а – с разрывами между деталями произвольной длины; *б* – с разрывами между деталями определенной длины; *в* – без разрывов (торец в торец)

Для перемещения деталей и изделий в автоматических линиях применяют многие виды транспортных механизмов: роликовые (вальцовые), ленточные, цепные, шаговые и др.

4.1. Автоматические загрузочно-разгрузочные устройства

Загрузочное устройство (иногда называемое питателем) служит для загрузки заготовок в станок линии. Оно выполняет следующие функции: размещение запаса заготовок в емкости, захват заготовок, их ориентирование и перемещение до рабочей зоны или транспортирующей системы станка. По способу размещения заготовок в емкости загрузочные устройства подразделяются на бункерные и магазинные. В *бункерах* заготовки размещены произвольно (навалом), а в магазинах – по определенному порядку (ориентированное размещение). По продолжительности действия загрузочные устройства могут быть *кратковременного* (1–2 мин) и *длительного* действия. Наиболее эффективны устройства длительного действия.

Длительность действия загрузочного устройства линии из организованного пакета будет тем больше, чем больше объем пакета и меньше скорость подачи заготовок.

Разгрузочное устройство служит для того, чтобы захватить деталь после обработки в станке и уложить ее в определенном порядке. Устройства для укладки деталей в пакет называют укладчиками.

Обратимые (универсальные) устройства способны обслуживать как загрузочные, так и разгрузочные позиции. Они бывают передвижными и предназначены для обслуживания отдельных станков. Свойство обратимости основано на одинаковых действиях разгрузочных и загрузочных устройств. Однако в них различный порядок действий.

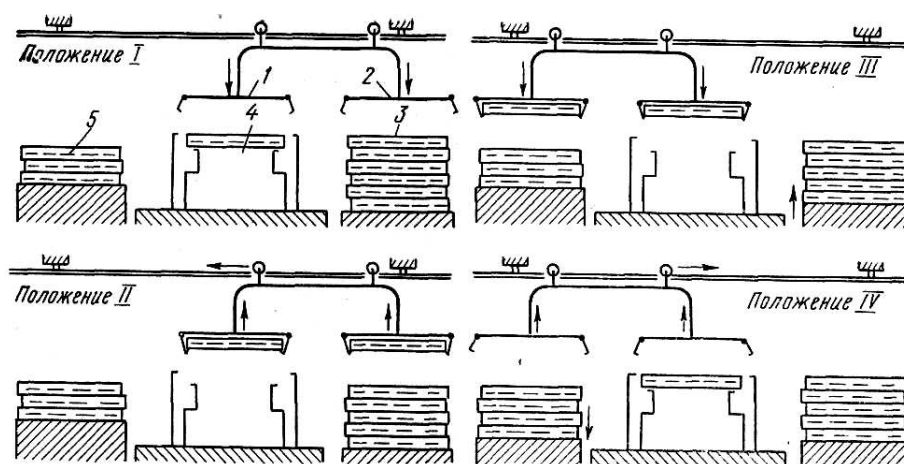


Рис. 9. Автоматическое загрузочно-разгрузочное устройство грейферного типа:
 1 – первый захват для перемещения и выгрузки обработанных створок в штабель;
 2 – второй захват для перемещения и загрузки необработанных створок из штабеля в агрегат; 3 – штабель необработанных створок; 4 – агрегат для обработки кромок у створок; 5 – штабель обработанных створок, положение;
 I – опускание захватов, положение; II – подъем захватов со створками и перемещение их влево, положение, III – опускание захватов, положение;
 IV – подъем и перемещение порожних захватов вправо (в первоначальное положение)

Для автоматизированного производства оконных блоков применяют устройство грейферного типа (рис. 9), выполняющее одновременно выгрузку двух обработанных створок из агрегата и загрузку двух необработанных. Устройство состоит из двух

подвижных захватов 1 и 2 (грейферов), расположенных вверх. Захват 1 (положение I) опускается над агрегатом и захватывает две обработанные створки. Одновременно второй захват 2 опускается и захватывает из штабеля 3 две необработанные створки. Затем захваты со створками поднимаются (положение II) и перемещаются влево до тех пор, пока первый из них не достигнет штабеля обработанных створок 5, а второй – агрегата (положение III). После этого захваты опускаются, обработанные створки разгружаются в штабель, а необработанные – в агрегат. Во время обработки створок в агрегате порожние захваты поднимаются (положение IV) и возвращаются в исходное положение.

Штабеля створок размещены на подштабельных платформах, которые могут подниматься каждый раз после того, как из него захватом взяты две необработанные створки. Второй штабель опускается после того, как на него поступят две обработанные створки. Когда первый штабель полностью разгружен, его платформа опускается и на нее транспортером подается новый штабель необработанных створок. Второй штабель, доверху наполненный обработанными створками, подается к следующей операции, а на его платформу будут укладываться вновь обработанные створки.

Конструкция загрузочно-разгрузочных устройств зависит от формы и размеров материалов и деталей, которые надо загружать и разгружать: доски (обрезные и необрезные), погонажные детали, брусковые заготовки и детали, рамки, плитные материалы и щиты.

4.2. Перегрузочные устройства автоматических линий

Устройства, предназначенные для передачи (перегрузки) обрабатываемых заготовок с одного транспортера на другой, называются перегрузочными, или *перегрузчиками*. С их помощью заготовки переходят из одного положения в другое. Очень часто перегрузчик (рис. 10) служит для передачи обрабатываемых заготовок с продольного потока на поперечный. При этом заготовки, выходящие из четырехстороннего строгального станка, передаются в двухсторонний шипорезный станок.

Брусовая заготовка 13 в конце продольного перемещения передним торцом нажимает на торцовый упор 14. Упор замыкает контакт конечного переключателя 15, управляющего

электромагнитом 2. Электромагнит поворачивает вилку 3 и отводит втулку 4, преодолевая сопротивление пружины 5 вала. В результате перемещения втулки вдоль вала по стрелке *Б* роликовый башмак 7 оказывается в одной плоскости с кулачком 8. От такого положения башмака и кулачка рычаги 10 поворачиваются по стрелке *А*. При этом заготовка смещается на направляющие шипорезного станка. Затем упоры 12 подающих цепей захватывают ее и уносят к режущим инструментам станка. Как только заготовка освободит торцовый упор, конечный переключатель разомкнет цепь электромагнита. Под действием пружины вала втулка возвращается в исходное положение, а рычаги с валом благодаря возвратной пружине 1 отходят в первоначальную позицию.

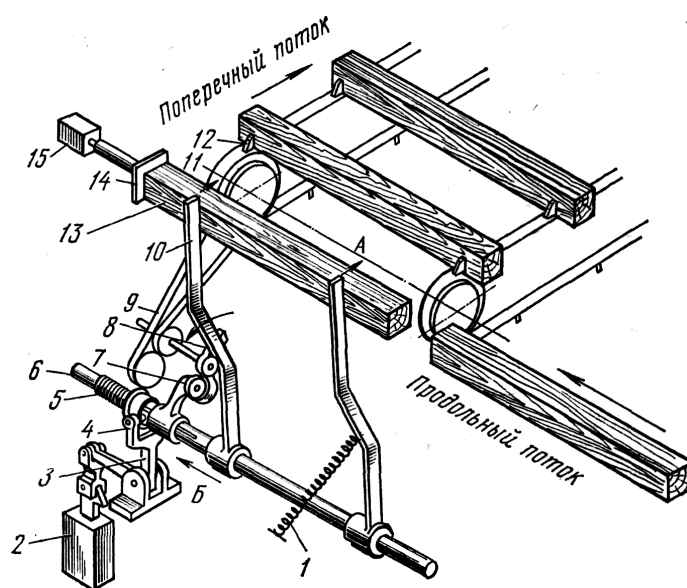


Рис. 10. Автоматический перегрузчик для передачи брусковых заготовок с продольного потока на поперечный:

- 1 – вторая (возвратная) пружина; 2 – электромагнит; 3 – вилка; 4 – втулка;
 5 – первая пружина; 6 – поворотный вал; 7 – роликовый башмак; 8 – кулачок;
 9 – приводная цепь; 10 – качающиеся рычаги; 11 – ведущая звездочка; 12 – упоры
 подающих цепей; 13 – брусковая заготовка; 14 – торцовый упор; 15 – конечный
 переключатель

К перегрузочным относятся и поворотные устройства, или так называемые кантователи щитов, которые служат для поворота щитов на 180°. При повороте верхняя плась щита оказывается внизу. Поворот бывает необходим при последовательной обработке обеих

широких сторон (пластей) щита на двух односторонних станках, например шлифовальных с верхним расположением шлифовальной ленты. При проходе первого станка у щита шлифуется первая (верхняя) пласть. Затем щит поворачивается кантователем верхней стороной вниз, и при проходе второго станка шлифуется вторая пласть. Применение кантователя позволяет производить сквозную обработку.

5. СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ТОЧНОСТЬЮ ОБРАБОТКИ

Любое технологическое оборудование и его система ПУ в процессе эксплуатации должны находиться в работоспособном состоянии. Под этим понимают такое состояние данного оборудования (станка, линии) и системы ПУ, при котором значения всех их параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской документации. Если значение хотя бы одного параметра не соответствует этим требованиям, то данное технологическое оборудование или система его управления будут находиться в неработоспособном состоянии. Когда нарушается работоспособное состояние технологического оборудования или системы его управления, наступает отказ в их работе.

5.1. Изменение работоспособности автоматизированного оборудования и точности изготовления деталей в процессе эксплуатации

Технологическое оборудование с системами ПУ является сложным технологическим комплексом, включающим непосредственно станок и устройство числового программного управления (УЧПУ), построенное с применением мини-ЭВМ, которое должно быть органически взаимосвязано с учетом их особенностей и возможностей. Надежность и качество работы станка с ЧПУ в равной степени зависят от надежности и качества работы как самого станка, так и УЧПУ.

При работе станка с числовым программным управлением происходит взаимодействие большого числа механических, гидравлических, пневматических и электронных устройств и элементов, от правильного и надежного функционирования которых в значительной степени зависит точность выполнения заданной программы управления обработкой заготовок. При этом важно не только обеспечить безотказное функционирование станка с ЧПУ, но и обеспечить в течение установленного периода эксплуатации выполнение обусловленных его назначением технологических операций с показателями качества и производительностью, установленными нормативно-технической документацией, т. е.

обеспечить заданную технологическую (параметрическую) надежность [6].

Изменение точности станка с ЧПУ в процессе эксплуатации происходит вследствие действия на него различных внутренних и внешних факторов. Внутренними факторами являются силы резания и их моменты, силы трения, вибрации, тепловыделение и нагрев его элементов, внешними факторами — температура окружающей среды, вибрация соседнего оборудования, колебание напряжения в электросети, влажность и загрязнение окружающего воздуха, вмешательство оператора и др. Действие внутренних и внешних факторов вызывает упругие деформации элементов станка, их изнашивание, вибрацию, тепловые деформации, что ухудшает, в первую очередь, его точность, а также влияет на производительность и себестоимость обработки.

Вместе с тем благодаря заданной геометрической и кинематической точности элементов станков, их жесткости, виброустойчивости, износостойкости и термоустойчивости, а также проведению обработки заготовок на нем в термokonстантных помещениях с изоляцией от другого оборудования, стабилизация напряжения в сети снижает отрицательное действие внутренних и внешних факторов. При этом степень снижения воздействия этих факторов зависит от уровня показателей точности станка, а также режимов его работы.

Между действующими внутренними и внешними факторами, показателями точности станка, режимом его работы возникают сложные взаимосвязи.

Изменение точности станка с ЧПУ в процессе эксплуатации в результате действия на него указанных факторов обуславливается появлением допустимых и недопустимых повреждений как в самом станке, так и в устройстве ЧПУ (рис. 11).

Повреждения, которые приводят сразу к остановке станка с ЧПУ (вследствие повреждения самого станка или УЧПУ) или к недопустимым условиям его работы, являются причинами отказов его функционирования. Эти отказы являются следствием неправильных методов конструирования, изготовления или эксплуатации станка.

Повреждения, которые не ограничивают возможности функционирования станка с ЧПУ, но приводят при его дальнейшей эксплуатации к снижению точности обработки, являются причинами его параметрических отказов (отказов по точности обработки).

Параметрические отказы присущи любому сложному технологическому комплексу, в том числе станку с ЧПУ.

Если для станка более характерным является параметрический отказ, то для УЧПУ – отказ функционирования. Последний может проявляться в УЧПУ в виде: неиндицируемых сбоев, которые не обнаруживаются в момент их возникновения; индицируемых сбоев, которые фиксируются УЧПУ в момент их возникновения с прекращением дальнейшей отработки управляющей программы; устойчивых отказов, которые приводят сразу к остановке станка с ЧПУ. Таким образом, если индицируемые сбои и устойчивые отказы УЧПУ приводят к отказам функционирования станка с ЧПУ, то его неиндицируемые сбои приводят к параметрическим отказам.

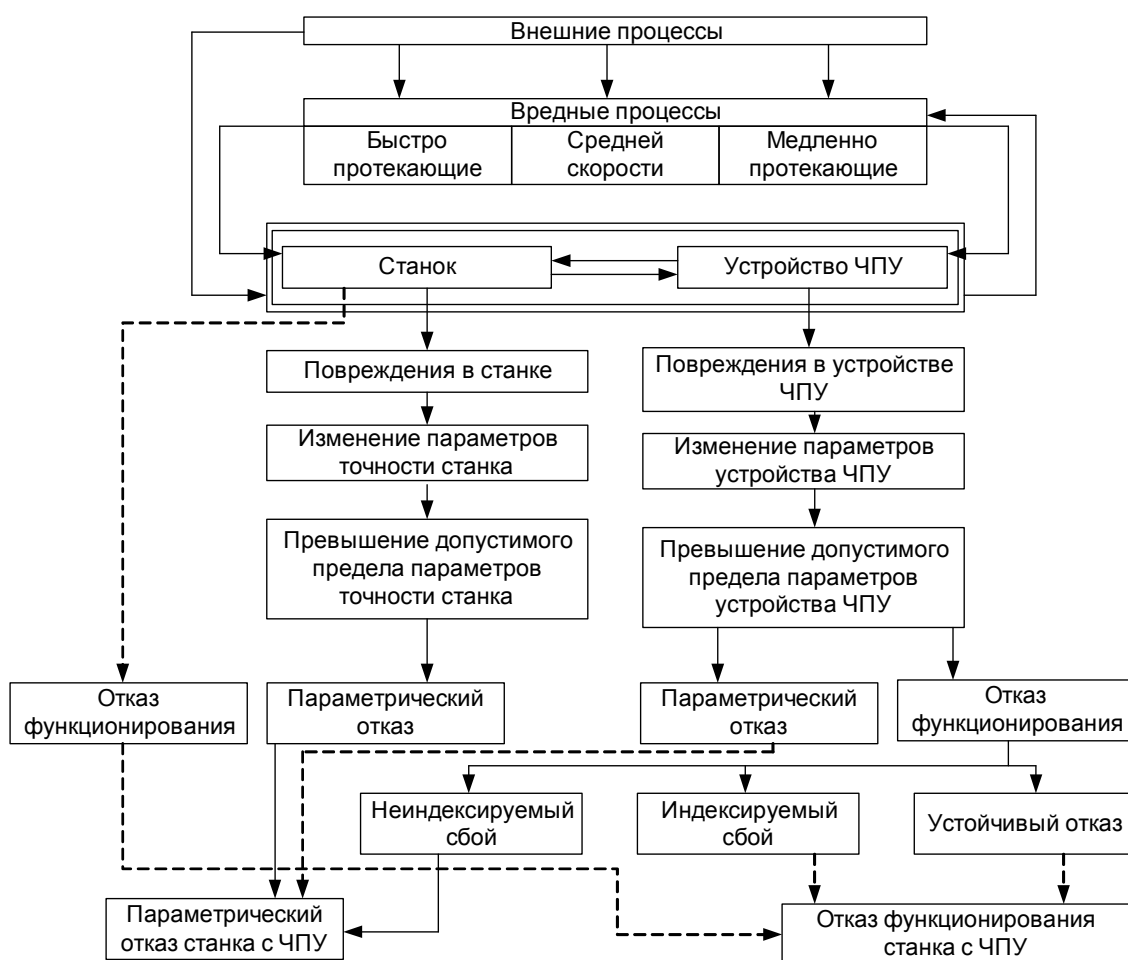


Рис. 11. Схема формирования отказов станка с ЧПУ

Неиндикатируемые сбои в станках с разомкнутыми СЧПУ проявляются в виде пропуска управляющих импульсов, что может происходить в самих электронных блоках ЧПУ, при работе ШД и гидроусилителя, а также в передаточных механизмах привода подачи (например, вследствие наличия люфта в зубчатых передачах и в передаче винт – гайка в момент реверса перемещения).

В станках с замкнутыми системами ЧПУ появление неиндикатируемых сбоев возможно в результате изменения параметров точности самого станка, ИП системы обратной связи, элементов блока ИП в УЧПУ. Так, тепловые деформации базовых и перемещающихся элементов станка, упругие деформации, износ направляющих и другие погрешности станка могут оказывать влияние на точность измерения ИП системы обратной связи действительного положения рабочих органов. В этом случае ИП передает искаженную информацию о перемещении рабочих органов, что приводит к появлению неиндикатируемых сбоев и соответственно к параметрическому отказу станка с ЧПУ. Обеспечение высокой точности и надежности работы станков с ЧПУ в процессе их эксплуатации непосредственно связано с системой их технического обслуживания, своевременного и качественного выполнения профилактических работ и ремонта (рис. 12).

Техническое обслуживание станков с ЧПУ включает в себя совокупность организационных и технических мероприятий, обеспечивающих контроль за техническим состоянием станка и УЧПУ, поддержание их выходных параметров на заданном уровне в течение всего периода эксплуатации: осмотр и контроль технического состояния станка и системы управления, чистку, промывку и смазывание механизмов станка, долив масла, регулирование отдельных механизмов станка и элементов системы управления, замену отдельных износившихся деталей и вышедших из строя элементов и блоков УЧПУ, проверку и наладку гидро- и электроприводов, а также работы по устранению обнаруженных неисправностей.

Техническое обслуживание должно проводиться в соответствии с имеющимися общими правилами, а также с учетом специальных требований, содержащихся в технической документации на станки с ЧПУ. В общих правилах сформулированы требования к помещениям, где устанавливают станки с ЧПУ, к

устройству их фундаментов, монтажу станков и УЧПУ, к работе на станках с ЧПУ и к их техническому обслуживанию с регламентацией последнего по содержанию, периодичности и распределению между исполнителями, к контролю за состоянием станков и УЧПУ, периодичности и составу их проверок, а также к контролю службой главного механика соблюдения правил эксплуатации станков с ЧПУ операторами, наладчиками, ремонтниками и производственным административно-техническим персоналом.

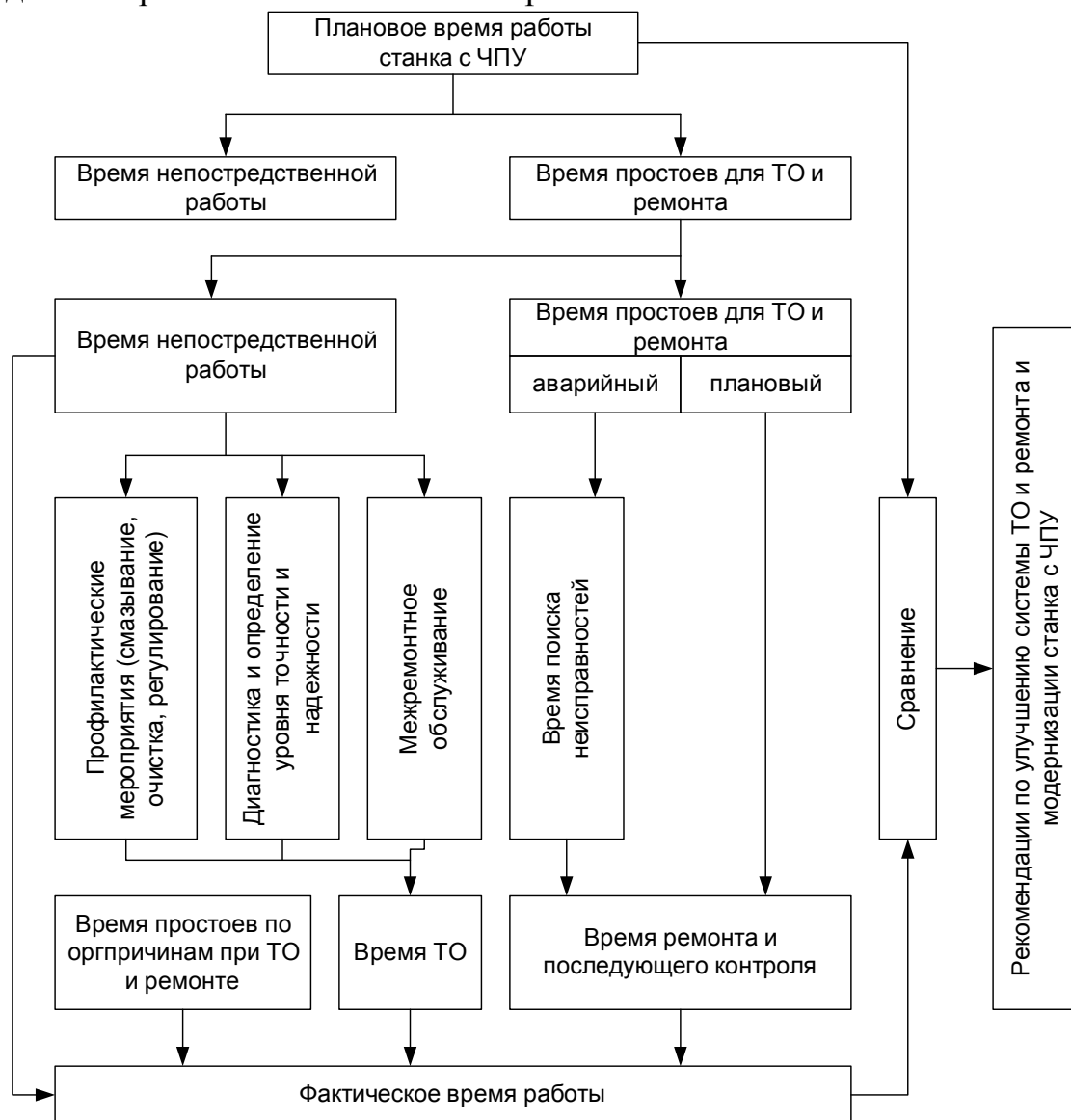


Рис. 12. Схема поддержания заданной точности и надежности работы станка с ЧПУ

При техническом обслуживании и ремонте станков с ЧПУ возникают трудности, обусловленные их большой сложностью. Необходимы большие затраты времени на обнаружение неисправностей станка с ЧПУ, применение для этого специальных систем диагностирования неисправностей, сложной контрольно-измерительной аппаратуры, а также высокая квалификация обслуживающего персонала.

Учитывая большую сложность и высокую стоимость станков с ЧПУ, их компоновочно-конструктивное разнообразие, отсутствие необходимого статистического материала о характере и изменении их выходных параметров при широком диапазоне условий и режимов их эксплуатации, следует считать наиболее целесообразным методом разработки структуры и длительности межремонтного периода для станков с ЧПУ метод, основанный на определении указанных величин по фактическому состоянию точности установленных выходных параметров станка в процессе эксплуатации в конкретных условиях производства. Оценка точности выходных параметров может производиться на основе испытаний станков с ЧПУ на технологическую надежность с расчетом и оценкой ее показателей и последующим прогнозированием оптимальной структуры и длительности межремонтного периода путем выявления характера изменения точности его выходных параметров и их конкретных составляющих погрешностей в процессе эксплуатации.

Для УЧПУ более целесообразен ремонт по мере возникновения отказа. Поэтому для них отсутствует разделение ремонтов на текущие и капитальные.

Важной задачей при оценке работоспособности станков с ЧПУ, определении фактических значений их выходных параметров, изменении этих параметров в процессе эксплуатации является проверка этих станков. Различные виды проверок станков с ЧПУ проводятся как после их изготовления, так и в процессе их эксплуатации по мере необходимости и после их ремонта.

Хотя к станкам с ЧПУ полностью применимы существующие методы проверки по нормам точности, испытания на температурную стабильность, виброустойчивость и другие, в связи с большой сложностью станков с ЧПУ, с их конструктивными и технологическими особенностями, необходимостью рассмотрения их как взаимосвязанного и взаимодействующего технологического

комплекса станок – УЧПУ, такие испытания оказались недостаточными для оценки их точности.

Такая система, как станок с ЧПУ, содержащая большое число различных взаимосвязанных элементов, не является линейной и постоянной во времени. Поэтому любое единичное измерение ее параметров точности соответствует только тому состоянию, в котором данная система находилась в момент измерения. Для проверки точности станков с ЧПУ, кроме совершенствования имеющихся методов проверки норм точности, были разработаны новые виды испытаний, особенно для оценки состояния станка с ЧПУ по точности обработки в комплексе станок – УЧПУ на вспомогательном ходу (точность позиционирования), проверка точности и надежности работы станка и УЧПУ по заданной тест-программе в течение определенного промежутка времени; контроль точности станка с ЧПУ путем измерения эталонной детали и при обработке одной или нескольких заготовок-образцов на заданных режимах с регламентацией допусков получаемых размеров [7]. Большой практический интерес представляет программный метод испытаний металлорежущих станков с ЧПУ [8].

5.2. Компенсация погрешностей изготовления деталей на технологическом оборудовании с числовым программным управлением

На точность обработки заготовок на технологическом оборудовании влияет комплекс погрешностей на всем пути преобразования информации в системе чертеж – изделие. Эти погрешности можно условно разбить на две группы.

Погрешности первой группы вносятся при разработке и записи УП на программноносителе. Погрешности второй группы, являющиеся основными, вносятся при непосредственной обработке заготовки, в выполнении которой участвует вся технологическая система (ТС): технологическое оборудование и его система управления, режущие инструменты, приспособление для базирования и крепления заготовки и сама заготовка. От всех этих элементов ТС в комплексе зависит получение заданного качества обработки заготовок, а также производительность и себестоимость их обработки.

Таким образом, обработка заготовок является результатом взаимодействия различных элементов ТС, основным из которых является металлорежущий станок (или система станков), реализующий относительные движения режущего инструмента и обрабатываемой заготовки.

Развитие СЧПУ, построение их на основе мини-ЭВМ и микропроцессоров, а также наличие в них большого объема памяти позволяет эффективно производить автоматическое измерение погрешностей элементов ТС и погрешностей изготовления деталей, а также их последующую компенсацию. Вследствие начальных погрешностей элементов ТС, а также погрешностей, вызванных действием на эти элементы в процессе эксплуатации различных процессов (вибраций, силовых и тепловых воздействий, износа и др.), происходит отклонение относительных движений режущего инструмента и заготовки, что обуславливает погрешность изготовления изделий.

Анализ формирования погрешности обработки показывает, что она определяется, с одной стороны, пространственными отклонениями относительного перемещения инструмента, обусловленными в первую очередь погрешностями рабочего органа станка (собственными погрешностями траектории его движения), погрешностями оправок режущего инструмента, погрешностями их базирования и крепления на рабочем органе станка (на суппорте или в шпинделе), а также погрешностями самого режущего инструмента (погрешности геометрических параметров, упругие и тепловые деформации, износ).

С другой стороны, погрешность обработки определяется пространственными отклонениями относительного перемещения заготовки, обусловленными соответствующими погрешностями другого рабочего органа станка, несущего заготовку, погрешностями приспособления и заготовки (погрешности геометрических параметров, упругие и тепловые деформации), а также погрешностями базирования и закрепления приспособления на рабочем органе станка (или в шпинделе), а также заготовки в приспособлении (или в патроне).

В результате этого в общем виде погрешность обработки

$$\bar{\delta} = \bar{\delta}_H(\bar{\delta}_{PI}) + \bar{\delta}_3[\bar{\delta}_H(\bar{\delta}_{PII})], \quad (1)$$

где $\bar{\delta}_И$ – погрешность оправки и режущего инструмента; $\bar{\delta}_{рI}$ и $\bar{\delta}_{рII}$ соответственно погрешности рабочего органа, несущего режущий инструмент, и рабочего органа, несущего приспособление и

заготовку; $\bar{\delta}_П$ и $\bar{\delta}_з$ – соответственно погрешность приспособления для базирования и крепления заготовки и погрешность заготовки.

Рассмотрим возможные пути уменьшения погрешности обработки.

На рис. 13 показана схема обработки заготовок на многоцелевом станке с ЧПУ вертикальной компоновки.

Заданная управляющей программой обработка заготовок в системе координат OXYZ реализуется относительным перемещением шпиндельной бабки I с режущим инструментом 2, установленным и закрепленным с помощью оправки 1 в шпинделе станка, и перемещением рабочего стола II с заготовкой 4, установленной и закрепленной в приспособлении 3.

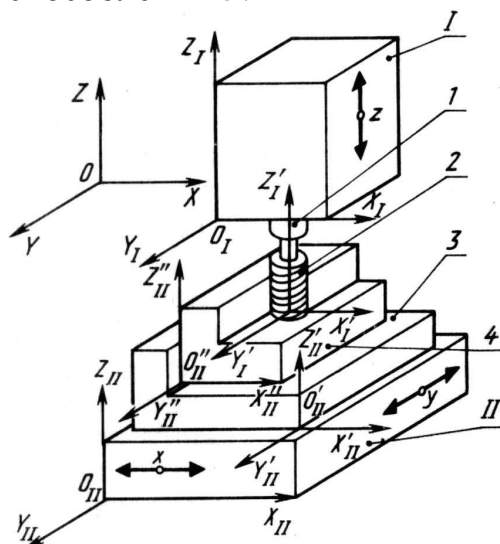


Рис. 13. Схема обработки заготовки на многоцелевом станке с ЧПУ вертикальной компоновки

При относительном перемещении в процессе обработки рабочих органов I и II вследствие их собственных погрешностей и погрешностей траекторий их перемещений, а также погрешностей расположенных на этих рабочих органах других элементов ТС, происходит отклонение положения этих рабочих органов и других элементов ТС, относительно установленных управляющей программой положений, в системе координат OXYZ

(пространственные относительные повороты и перемещения соответствующих систем координат). Это вызывает относительные отклонения заданной траектории движения режущего инструмента и заготовки.

Очевидно, что для повышения точности обработки заготовок в процессе эксплуатации необходимо постоянно обеспечивать как минимальное взаимное отклонение систем координат $O_I X_I Y_I Z_I$, $O_{II} X_{II} Y_{II} Z_{II}$, , а также $O'_I X'_I Y'_I Z'_I$, $O''_I X''_I Y''_I Z''_I$, $O'_{II} X'_{II} Y'_{II} Z'_{II}$, $O''_{II} X''_{II} Y''_{II} Z''_{II}$, так и их отклонения относительно единой системы координат $OXYZ$.

Первый путь решения этой проблемы — рациональное проектирование всех элементов ТС (с точки зрения точности их геометрических параметров, жесткости, виброустойчивости, теплоустойчивости, износостойкости), точные их изготовление и сборка, а также последующая правильная и рациональная эксплуатация (наладка, техническое обслуживание, ремонт, условия эксплуатации и др.). Однако эти мероприятия лимитированы допустимыми экономическими затратами и обеспечивают в основном повышение начальной точности, часто не гарантируя длительного сохранения этой точности в процессе эксплуатации.

Второй путь решения этой проблемы — компенсация погрешностей отдельных или одновременно нескольких элементов ТС в процессе ее эксплуатации путем уменьшения и стабилизации их пространственных отклонений (как линейных, так и угловых) относительно системы координат $OXYZ$. Преимущество этих мероприятий заключается в возможности проводить компенсацию как первоначально имеющихся погрешностей элементов ТС, так и их погрешностей, появляющихся в период эксплуатации вследствие протекания различных процессов.

В настоящее время в основном осуществляют компенсацию погрешностей элементов технологической системы путем линейных перемещений рабочих органов станка (или поворота кругового стола), используя существующие приводы подач этих рабочих органов. Однако такими способами можно устранять в основном погрешности размеров обрабатываемой заготовки. Погрешности формы и расположения поверхностей обрабатываемой заготовки этими способами практически не компенсируются.

Задача компенсации погрешностей обработки с учетом не только линейных, но и угловых отклонений элементов технологической системы является более сложной.

Анализ зависимости (1) показывает, что для повышения точности обработки заготовки необходимо в первую очередь проводить сокращение и стабилизацию погрешностей рабочих органов *I* и *II* (см. рис. 13), которые являются базовыми элементами, несущими режущий инструмент и заготовку.

В результате компенсации погрешности их взаимного положения погрешность обработки заготовки по формуле (1) преобразуется следующим образом:

$$\bar{\delta} = \bar{\delta}_И + \bar{\delta}_з(\bar{\delta}_{pII}), \quad (2)$$

получение скорректированных положений базовых систем координат $O_I X_I Y_I Z_I$ и $O_{II} X_{II} Y_{II} Z_{II}$ позволяет перейти к последующей компенсации погрешностей режущего инструмента, приспособления, а затем и заготовки.

Такой подход может быть реализован различными методами.

В общем виде структуру деревообрабатывающего станка с ЧПУ можно представить в виде трех блоков, каждый из которых выполняет свою информационную задачу: УП, СЧПУ и сам обрабатывающий станок.

Управляющая программа содержит укрупненное кодированное описание всех стадий обработки заготовок. В системе ЧПУ управляющая информация преобразуется в управляющие сигналы (аналоговые или цифровые), которые подаются на входы исполнительных устройств станка. Деревообрабатывающий станок является объектом управления. Качество, исполнительные узлы и механизмы деревообрабатывающего станка оказывают преобладающее влияние на качество станка с ЧПУ в целом и соответственно на погрешность воспроизведения, однако компенсировать такую погрешность можно в любом из указанных выше блоков в структуре станка с ЧПУ.

Компенсация погрешностей заключается в том, что в одном или нескольких составляющих этого комплекса должно осуществляться суммирование информации о формообразовании с информацией о компенсирующих погрешностях. Таким образом, компенсацию можно производить следующим образом: воздействием на управляющую

программу; воздействием на управляющие сигналы, формируемые ЧПУ и передаваемые на приводы подач рабочих органов; воздействием на следящий привод подач рабочих органов путем изменения их передаточных функций; введением в станок специальных компенсирующих элементов или исполнительных устройств с микроприводами и последующим воздействием на них. Указанные варианты позволяют получать разнообразные способы компенсации погрешностей станка с ЧПУ и других элементов ТС.

Методы компенсации погрешностей по принципу управления этим процессом можно разделить на методы предсказания управляющей программы, методы введения корректирующих воздействий (путем введения корректирующих и компенсирующих элементов и связей) и программные методы компенсации погрешностей.

В первых двух случаях управление процессом компенсации явно не выражено. Оно осуществляется по жестко заданным алгоритмам (командами управляющей программы или аппаратно). Конкретные методы реализации программного метода компенсации погрешностей во многом зависят от типа применяемой СЧПУ.

Под программными методами компенсации погрешностей понимают методы, основанные на управлении процессом компенсации погрешностей по заданной программе, осуществляемым, как правило, системой ЧПУ.

Принцип задания закона компенсации погрешностей посредством программы, записанной на каком-либо программноносителе, известен давно (например, путем применения механических коррекционных линеек). Однако возможность широкого использования программ компенсации при автоматическом управлении процессом компенсации погрешностей появилась только с развитием и внедрением СЧПУ, особенно построенных на базе микроЭВМ с большим объемом памяти.

Современные СЧПУ позволяют записать в память программы коррекции таких погрешностей, как погрешность геометрических параметров станка, погрешности, вызываемые люфтом, упругими и тепловыми деформациями и др. Поэтому были разработаны программные методы компенсации погрешностей в станках с ЧПУ.

Компенсация погрешностей программным методом может осуществляться различными способами: путем использования имеющихся в станке следящих приводов подачи его рабочих органов;

с помощью дополнительно вводимых исполнительных устройств (например, микроприводов), прямо или косвенно влияющих на формообразование поверхности изделия.

В первом случае управление процессом компенсации осуществляется путем воздействия на управляющие сигналы, поступающие на приводы подач и формируемые СЧПУ. Другими словами, управление процессом компенсации в этом случае выполняется путем коррекции управляющих сигналов.

Во втором случае управление процессом компенсации осуществляется формированием соответствующих управляющих сигналов для дополнительных исполнительных устройств с микроприводами. Информация о компенсируемых погрешностях, необходимая для реализации управления процессом компенсации, может получаться двумя способами: информация о погрешностях известна до начала обработки изделий (по результатам расчетов или экспериментальных исследований станка или другого элемента ТС), информация о погрешностях поступает с измерительных преобразователей в процессе обработки изделий. Способ получения информации определяет вид компенсирующих погрешностей: только систематических составляющих погрешности, систематических и случайных составляющих погрешности.

В тех случаях, когда контроль и компенсацию погрешностей изделий полностью выполняет оператор, он проводит компенсацию по схеме, показанной на рис. 14 *а*, по мере подхода к границе поля допуска, а иногда даже после выхода за это поле допуска. Поэтому при такой схеме не только имеет место значительный разброс получаемых размеров, но и получают бракованные изделия.

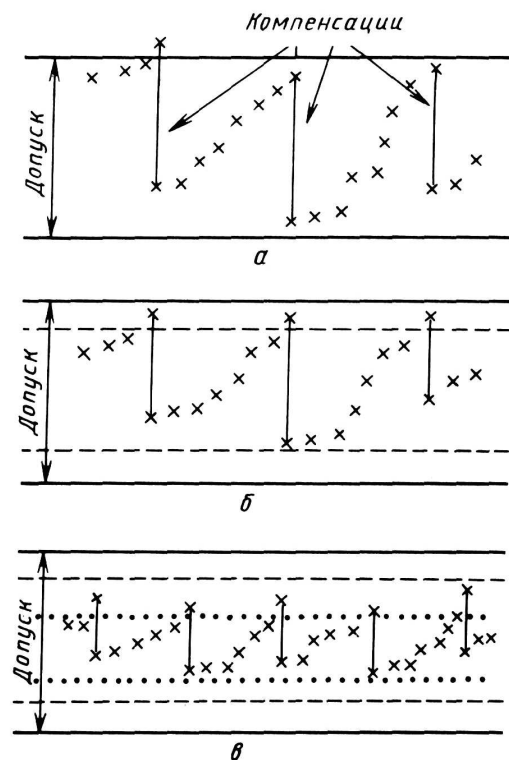


Рис. 14. Схемы:

а – контроля и компенсации погрешностей оператором; *б* – контроля погрешностей автоматическим измерительным устройством, компенсации погрешностей оператором; *в* – автоматических контроля и компенсации погрешностей

При применении автоматических измерительных устройств, осуществляющих полный контроль обрабатываемых заготовок (рис. 14, *б*), выход за поле допуска исключается, так как устройство своевременно дает команду на компенсацию погрешностей обработки, проводимую оператором.

На рис. 14, *в* показана схема, в соответствии с которой измерение изделий и компенсация получаемых погрешностей выполняются автоматически. В результате по сравнению с вариантами, показанными на рис. 14, *а* и *б*, снижается разброс получаемых размеров обрабатываемых заготовок и предотвращается изготовление бракованных изделий. Существуют два основных способа автоматического измерения параметров обрабатываемых заготовок:

1. Измерение параметров выполняется непосредственно на станке при отводе инструмента от обрабатываемой поверхности. Измерение может проводиться между отдельными технологическими переходами, в частности перед чистовым рабочим ходом, или после полной обработки заготовки. Такой способ измерения позволяет при необходимости исправить погрешность изготовления изделия и не допустить погрешностей при изготовлении последующих деталей. Однако станок при этих измерениях простаивает.

2. Измерение параметров осуществляется вне станка на специальном контрольном приспособлении или на контрольно-измерительной машине и совмещается с обработкой следующей заготовки, т. е. станок не простаивает, как в первом случае. Однако коррекция погрешностей выполняется уже не для этого изделия, а только для последующего.

6. ЦЕЛЕВЫЕ МЕХАНИЗМЫ АВТОМАТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ И ГИБКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

Механизмы, служащие для выполнения отдельных элементов технологического процесса и частных движений рабочего цикла на автомате или автоматической линии, называют целевыми. Отдельные целевые механизмы автомата или автоматической линии должны быть увязаны как в пространстве, так и во времени работы для осуществления рабочего цикла без вмешательства человека. Весь комплекс взаимно увязанных целевых механизмов и образует исполнительный механизм рабочей машины.

По характеру работы все целевые механизмы могут быть разделены на две группы:

целевые механизмы рабочих ходов, которые выполняют операции, связанные с обработкой заготовки и обеспечивают рабочие движения обрабатываемой заготовки и рабочих органов: суппорты и револьверные головки одно- и многошпиндельных автоматов, силовые головки, различные приспособления (токарные, фрезерные и др.) и т. д.;

целевые механизмы вспомогательных ходов, которые выполняют операции, не связанные с непосредственной обработкой заготовки, и обеспечивают подготовку станка для совершения рабочих ходов: механизмы питания, зажимные устройства, механизмы смены инструмента, механизмы поворота и фиксации, транспортирующие устройства и др.

Агрегатные станки и автоматические линии komponуют из самостоятельных функциональных сборочных единиц путем объединения их в единый комплекс с общей системой управления и контроля. К таким сборочным единицам относятся шпиндельные узлы, силовые головки, силовые столы, станины, поворотные столы и др.

Силовые узлы предназначены для сообщения режущим инструментам главного движения и движения подачи (силовые головки) или только движения подачи (силовые столы).

С помощью силовых головок можно выполнять токарные, фрезерные, сверлильные, шлифовальные и другие операции.

Для привода главного движения (вращательного) в силовых головках обычно применяют электродвигатели, а для привода подачи

– кулачки, винтовые передачи, цилиндры (пневматические, гидравлические и пневмогидравлические).

По конструкции механизма подачи различают головки с подвижной пинолью и с подвижным корпусом. Подачу инструмента перемещением пиноли обычно выполняют в головках малой мощности (не более 1,5 кВт), что обеспечивает удобный подход инструмента к обрабатываемой заготовке. Силовые головки средней и большой мощности выполняют с подвижным корпусом.

В зависимости от расположения привода подачи силовые головки могут быть самодействующими и несамодействующими. В самодействующих силовых головках как привод вращения шпинделя, так и все элементы привода подачи (резервуар для масла, насос, гидропанель управления) расположены в корпусе головки. В несамодействующих силовых головках привод подачи расположен вне головки и силовую головку обычно устанавливают на силовом столе, который подключается к насосной станции станка или имеет самостоятельный привод.

По мощности двигателя силовые головки можно разделить на микросиловые (0,1–0,4 кВт), малой мощности (0,4–3,0 кВт), средней мощности (3,0–15 кВт), большой мощности (15–30 кВт). В зависимости от типа привода подачи различают головки механические (кулачковые и винтовые), пневматические, гидравлические и пневмогидравлические.

Силовые головки могут работать с различными циклами, например: а) быстрый подвод – рабочая подача (одна или две) – быстрый отвод; б) быстрый подвод – рабочая подача – быстрый подвод – рабочая подача – быстрый отвод и др.

Силовые головки в значительной степени определяют производительность, надежность и точность работы агрегатных станков и автоматических линий. Поэтому силовые головки, применяемые в агрегатных станках и автоматических линиях, должны автоматически и точно выполнять заданный цикл работы, иметь достаточно малые упругие деформации при различных режимах обработки, обладать высокой надежностью, конструкции их должны быть такими, чтобы было возможно быстрое устранение возникающих отказов, их обслуживание должно быть простым.

В последнее время при компоновке агрегатных станков и автоматических линий вместо единого узла – силовой головки –

применяют расчлененные силовые узлы, состоящие из силовых столов и инструментальных бабок. Силовые столы имеют ряд общих с силовыми головками признаков и обеспечивают рабочие и вспомогательные перемещения инструментов. На силовой стол устанавливают инструментальную бабку (сверлильную, фрезерную и др.) с отдельным электродвигателем, сообщаящим инструментам вращательное движение. Дифференциация силовых узлов, т. е. применение силовых столов вместе с инструментальными бабками, расширяет технологические возможности агрегатных станков.

Гидравлические силовые головки получили наиболее широкое применение в агрегатных станках и автоматических линиях, что объясняется значительными их преимуществами по сравнению с головками других типов.

Гидравлические головки используют для выполнения как легких, так и тяжелых работ.

В таблице 1 приведены технические характеристики гидравлических силовых головок.

Таблица

Технические характеристики гидравлических силовых головок

Параметр	№ габарита силовой головки					
	2	3	4	5	6	7
Мощность электродвигателей, кВт	2,2	2,2; 3; 4	4; 5,5; 7,5	4; 5,5; 7; 10	7,5; 10 13; 17	13; 17 22; 30
Наибольшая сила подачи, Н	5600	10 000	18 000	31 500	56 000	100 000
Диапазон подачи, мм/мин	40–800	30–600	20–600	14–700	10–400	7–250
Частота вращения приводного вала (для многошпиндельных головок), мин ⁻¹	715	720	725	730	730	730
Диапазон частоты вращения шпинделя (для одношпиндельных головок), мин ⁻¹	80–1250	56–900				
Длина хода, мм	250; 400	320; 500	400; 630; 800	400; 630; 800	500; 800	500; 800

Мощность электродвигателя гидравлических головок 2–30 кВт, а осевая сила, которую может развивать силовая головка, – до 105 Н.

Гидравлические силовые головки габарита № 2 выполняют только самодействующими, а головки остальных габаритов – самодействующими и несамодействующими.

Головки обоих типов предназначены для одновременной обработки нескольких отверстий. Для этого на передний торец головки устанавливают шпиндельную коробку. Самодействующие силовые головки габаритов № 2 и 3 имеют также одношпиндельные модификации, в которых приводной вал заменен шпинделем и имеется редуктор со сменными шестернями. Одношпиндельные силовые головки изготавливают в горизонтальном и вертикальном исполнениях с расположением электродвигателя сверху или сзади.

На рис. 15 приведена самодействующая одношпиндельная силовая головка габарита № 3 с верхним расположением электродвигателя.

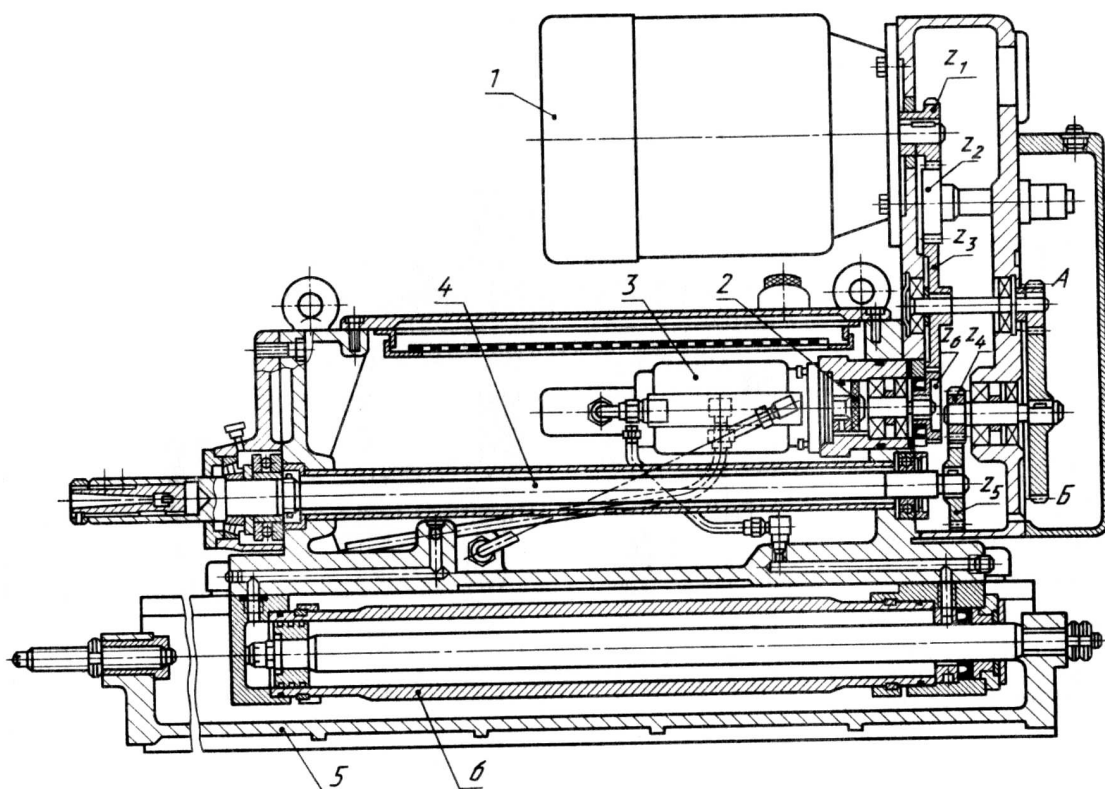


Рис. 15. Самодействующая одношпиндельная силовая головка

Движение от электродвигателя 1 через цилиндрические зубчатые колеса $z1$, $z2$, $z3$, сменные колеса A и B , цилиндрические колеса $z4$ и $z5$ передается на шпиндель 4 головки. Одновременно от зубчатого колеса $z3$ через зубчатое колесо $z6$, упругую муфту 2 получает вращение малогабаритный пластинчатый насос 3, подающий масло через гидропанель в гидроцилиндр подачи 6, предназначенный для перемещения корпуса головки по направляющей плите 5. Управление циклом работы головки производится с помощью кулачков, закрепленных в Т-образных пазах направляющей плиты и непосредственно воздействующих на рычаг гидропанели, прикрепленной снаружи к корпусу головки (гидравлические упоры управления), либо электромагнитов, включаемых конечными выключателями, на которые воздействуют соответствующие кулачки (электрические упоры управления). Число и расположение упоров управления зависят от требуемого цикла работы головки.

Гидравлические механизмы подачи позволяют легко автоматизировать работу головок — сложные циклы движений осуществляются сравнительно просто, без помощи каких-либо специальных устройств. Этим достигается простота конструкции головки.

В гидравлическом приводе подачи отсутствуют сильно нагруженные пары, подверженные быстрому изнашиванию (винты, гайки, муфты и т. д.). Этот привод имеет широкий диапазон выбора подачи, с его помощью можно получать значительные силы подачи, которые поддаются точной регулировке. От перегрузок гидропривод защищен с помощью предохранительного клапана. Регулированием положением упоров, воздействующих на золотники или на конечные выключатели, обеспечивается получение необходимых циклов работы, точный останов, работа по жесткому упору.

По способу регулирования подачи различают гидроприводы головок с дроссельным и объемным регулированием.

Плоскокулачковые силовые головки предназначены для обработки отверстий. Головки выполняют с подвижной пинолью. Цикл их работы состоит из быстрого подвода, рабочей подачи и быстрого отвода пиноли. Может быть также выполнено ступенчатое сверление с

небольшим числом ступеней. Пинольные плоскокулачковые головки выпускают трех габаритов: габарита 03 с мощностью электродвигателя N , равной 0,6 и 0,8 кВт, габарита 05 с N , равной 1,1, 1,5, 2,2 кВт, габарита 06 с N , равной 2,2 и 3 кВт. На рис. 16 приведена конструктивно-кинематическая схема плоско-кулачковой силовой головки габарита 03.

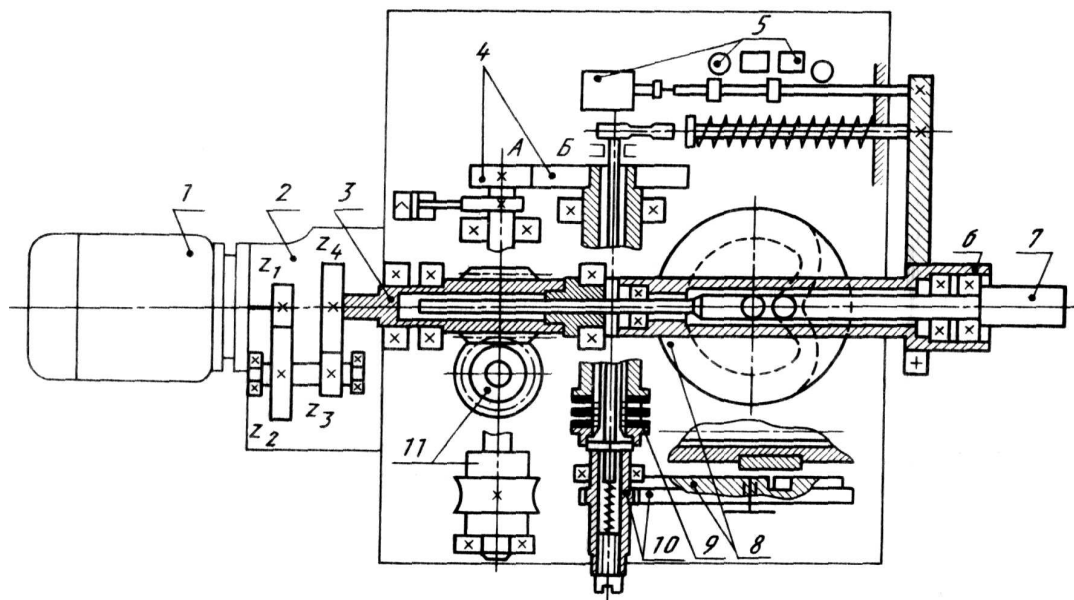


Рис. 16. Конструктивно-кинематическая схема плоско-кулачковой силовой головки габарита 03

Шпиндель головки 7 приводится во вращение электродвигателем 1 через редуктор 2 и червяк 3. Необходимая частота вращения шпинделя обеспечивается путем подбора сменных зубчатых колес. Подача пиноли 6 осуществляется от кулачка 8, который приводится во вращение от червяка 3, червячного колеса 11, сменных зубчатых колес 4 и пары цилиндрических колес 10. В цепи подачи головки установлена предохранительная муфта 9 для предотвращения поломок инструмента при чрезмерном возрастании нагрузки. При возвращении в исходное положение (быстрый обратный ход) нажимается конечный выключатель 5 (левый), дающий команду на выключение и торможение электродвигателя 1.

Ручное установочное перемещение головки по направляющей плите производится с помощью винтовой передачи.

Пинольные головки предназначены главным образом для обработки заготовок с использованием одного шпинделя, однако

предусмотрены их конструктивные модификации для обработки с использованием нескольких параллельных шпинделей. В последнем случае на пиноли закрепляют шпиндельную насадку, а на корпусе головки — плиту с двумя скалками, служащими для направления насадки. Шпиндели насадки приводятся во вращение от шпинделя головки непосредственно или через промежуточные валики. С помощью пинольных головок могут также выполняться фрезерные операции. В этих целях предусмотрены различные фрезерные насадки с расположением фрезерного шпинделя перпендикулярно к шпинделю головки.

Пинольная головка проста по конструкции и надежна в работе. К недостаткам ее можно отнести небольшую осевую силу и мощность, малый ход инструментов и невозможность его регулирования без смены кулачка, ступенчатое изменение подачи путем замены сменных зубчатых колес *A* и *B*, невозможность работы до жесткого упора.

В последнее время в агрегатных станках получили применение шпиндельные узлы, которые предназначены для создания главного вращательного движения инструмента, а для сообщения инструменту движения подачи эти узлы устанавливают на силовые столы. К шпиндельным узлам относятся шпиндельные коробки, сверлильные, расточные и другие бабки.

Шпиндельные коробки предназначены главным образом для выполнения сверлильно-расточных операций. Коробки некоторых модификаций предназначены для нарезания резьбы в отверстиях. Шпиндельные коробки устанавливают на силовых головках с перемещающимся корпусом и на силовых столах. В последнем случае на силовом столе закрепляют упорный угольник, на вертикальной плоскости которого устанавливают шпиндельную коробку. Все детали шпиндельных коробок стандартизированы. По специальным чертежам выполняют только растачивание отверстий в заготовках корпусных деталей и сборку коробок.

Сверлильные бабки служат для сверления, зенкерования и развертывания отверстий. Сверлильная бабка (рис. 17) состоит из шпинделя *1* и корпуса *2* с фланцем *3* для установки привода вращения шпинделя. Шпиндель установлен на радиальных шариковых подшипниках. Осевая сила воспринимается упорным подшипником, установленным в передней опоре. На корпусе могут закрепляться кронштейн со штангами для установки кондукторной плиты. Для

сообщения инструменту движения подачи сверлильная бабка устанавливается на силовом столе.

Силовые столы служат для установки на них шпиндельных узлов с самостоятельным приводом вращения (фрезерных, сверлильных бабок и др.) или приспособлений с обрабатываемой заготовкой для осуществления рабочих циклов прямолинейной подачи. Силовые столы выпускают с гидравлическим и электромеханическим приводом.

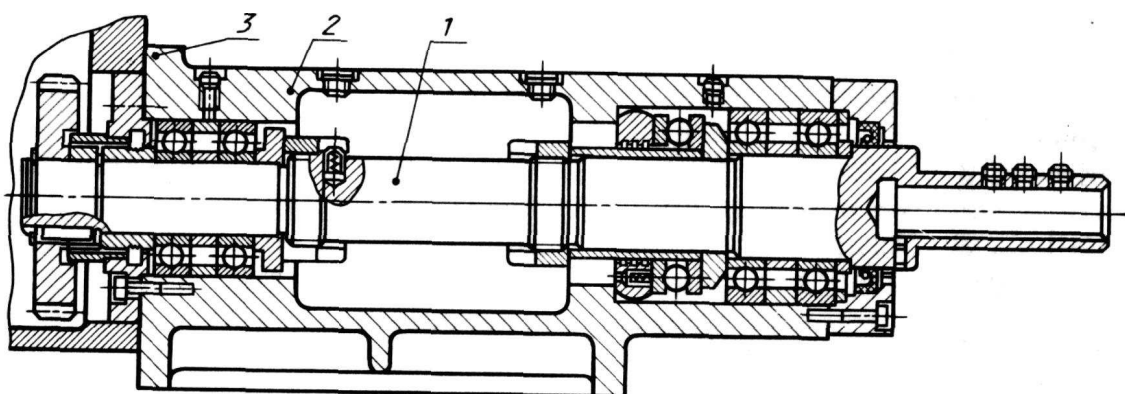


Рис. 17. Сверлильная бабка

Гидравлический силовой стол показан на рис. 18. Силовой стол включает в себя платформу 1, гидроцилиндр 2, полый шток 3 и направляющую плиту 4. Корпус гидроцилиндра 2 крепят к платформе стола, а шток 3 – к направляющей плите. Стол имеет автоматический цикл работы. При ускоренном подводе и рабочей подаче масло подается в штоковую полость цилиндра 2. Управление работой стола осуществляется от упоров, которые установлены в пазу платформы и воздействуют на конечные выключатели, подающие сигнал электромагнитам, управляющим золотниками гидропанели.

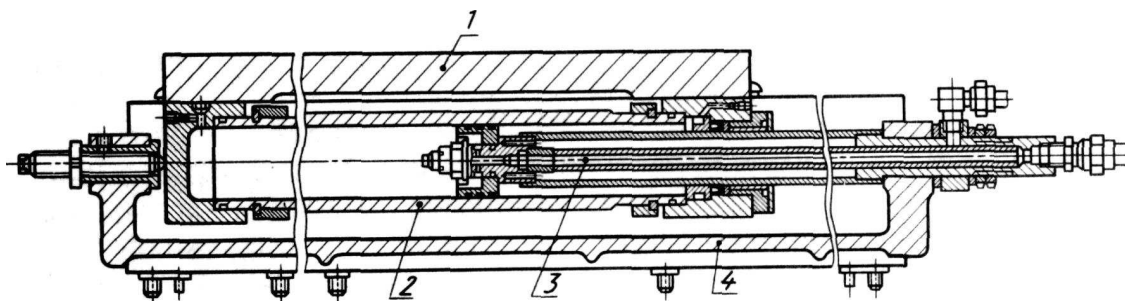


Рис. 18. Гидравлический силовой стол

Гидравлические столы могут быть горизонтального и вертикального исполнений.

7. КОНТРОЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ И ГИБКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

В автоматических линиях (АЛ), многоцелевых станках с ЧПУ и ГПС для повышения надежности оборудования и точности обработки используют контрольно-блокировочные устройства различного назначения.

С помощью специальных контрольных устройств проверяют стабильность размеров обрабатываемых заготовок, взаимное расположение обрабатываемых поверхностей обработки, состояние инструментов, правильность базирования заготовок, точность обработки отверстий по диаметру и глубине выточек, а также другие параметры.

В автоматизированном производстве применяют активный и пассивный контроль обрабатываемых заготовок. Активным, или управляющим, контролем называют измерение параметров обрабатываемой заготовки или технологического процесса, которое осуществляется в процессе обработки заготовки. Результаты измерений используют для управления процессом изготовления.

Пассивным, или приемочным, контролем называют контроль готовой продукции, при котором принимают решение о ее пригодности к дальнейшему использованию.

В ГПС и АЛ перед началом обработки сначала требуется распознать заготовку и проверить правильность ее установки в рабочем пространстве. В этих целях, например, на многоцелевых станках в рабочий шпиндель устанавливают измерительный щуп, который для распознавания заготовки подводится к определенной базовой поверхности заготовки, а в автоматических линиях из агрегатных станков имеются специальные контрольные позиции.

Технологический процесс обработки контролируется следующим образом: определением крутящего момента, силы резания при обработке, проверкой стойкости инструмента и т. д.

Контроль крутящего момента используют для защиты от поломок дорогостоящего специального инструмента, многошпиндельных сверлильных головок и других инструментов, а также для определения степени изнашивания инструментов. Для расчета крутящего момента измеряют силу тока, потребляемого электродвигателем привода главного шпинделя, который пропорционален крутящему моменту.

Осевую силу при сверлении измеряют главным образом для контроля обработки спиральными сверлами малого диаметра. Для этого в одной из подшипниковых опор шпинделя, воспринимающей осевую нагрузку, устанавливают тензометрический датчик, который выдает сигналы, пропорциональные силе резания.

Стойкость инструмента контролируют сравнением действительного времени работы инструмента со стойкостью инструмента данного типа, которая определена опытным путем и значение которой введено в систему управления. При работе инструмента время резания считывается с первоначально введенной стойкости, и при достижении предельного значения стойкости выдается соответствующий сигнал на блокировку или замену инструмента.

Для измерения линейных размеров в автоматических системах контроля в последнее время получают широкое применение электронные преобразователи. В электронных преобразователях в качестве чувствительного элемента используют механотроны. Выходной сигнал с механотрона поступает в электронные блоки, обеспечивающие обработку и передачу измерительной информации в исполнительную электрическую схему контрольного устройства. Механотрон – это электровакуумный прибор с механически управляемыми электродами. Работа механотрона основана на преобразовании перемещения внешнего конца стержня, впаянного в мембрану, и подвижного электрода, закрепленного на внутренней части стержня, относительно неподвижного электрода, что вызывает изменение силы анодного тока и выходного сигнала механотрона. Измерительная информация передается на стержень механотрона различными способами. Механотрон может встраиваться в измерительную станцию непосредственно.

Тогда его стержень контактирует с первичным механическим преобразователем линейных перемещений. В этом случае конструкция станции должна быть такой, чтобы были возможны замена механотрона и регулирование его положения относительно первичного преобразователя. Используют также преобразователи линейных перемещений с встроенными механотронами.

На рис. 19 показана конструкция преобразователя линейных перемещений с использованием механотрона 6MX1С. К механотрону 7 приклеено кольцо 20. Резьбовое соединение корпуса 6 и кольца 20 зафиксировано стопорным винтом 8. Корпус 6 служит для крепления

преобразователей и защищает стеклянную колбу механотрона от внешних воздействий. Экранированный провод 1 закреплен в корпусе 6 с помощью гайки 2, шайбы 3, резинового кольца 4 и резьбовой втулки 5. Подвижный стержень механотрона 7 контактирует с измерительным рычагом 18 через штифт 13, причем сила контакта создается плоской пружиной 9. На преобразователь перемещения передаются через шарик 12 или наконечник 11, закрепленный на измерительном рычаге 18.

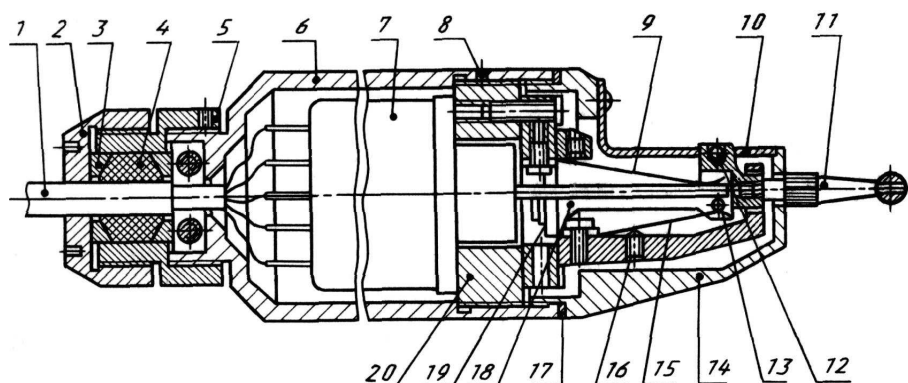


Рис. 19. Устройство преобразователя с механотроном 6MX1С

Силу на шарик 12 и наконечник 11 создает плоская пружина 15. Для регулирования этой силы служит винт 16. Измерительный рычаг 18 подвешен на плоской пружине 19. Защитный колпачок 14 укреплен на корпусе 6 с помощью резьбового соединения. Компенсационная шайба 17 ориентирует колпачок 14 относительно измерительного рычага 18. Крышка 10 предохраняет подвижные детали преобразователя от поломок.

На рис. 20 показана измерительная головка MIKROMAR 4 фирмы «Марпосс» (ФРГ). Контрольно-измерительная аппаратура фирмы «Марпосс» предназначена для контроля обрабатываемых деталей на шлифовальных станках. Измерительная головка MIKROMAR включает в себя держатели 1, головку 2, рукоятку настройки 3 и гидрокаретку 4. Она измеряет диаметр заготовки во время обработки, перерабатывает и выдает на ЭВМ и оператору всю информацию, необходимую для оптимизации цикла.

При шлифовании с автоматическим циклом электронный блок головки может во время шлифования заготовки подавать сигналы, обеспечивающие изменение скорости подачи, ее прекращение, переход к выхаживанию, возврат круга. Измерительная головка

оснащена специальной системой настройки, которая позволяет быстро (за время не более 10 с) перейти от измерения одного диаметра к измерению другого. С помощью такой головки при использовании трех пар щупов измеряют диаметры 5–180 мм.

На многоцелевых станках контроль обрабатываемых заготовок обычно выполняется непосредственно на станке специальными датчиками, установленными в оправках и закрепленными в рабочем шпинделе станка.

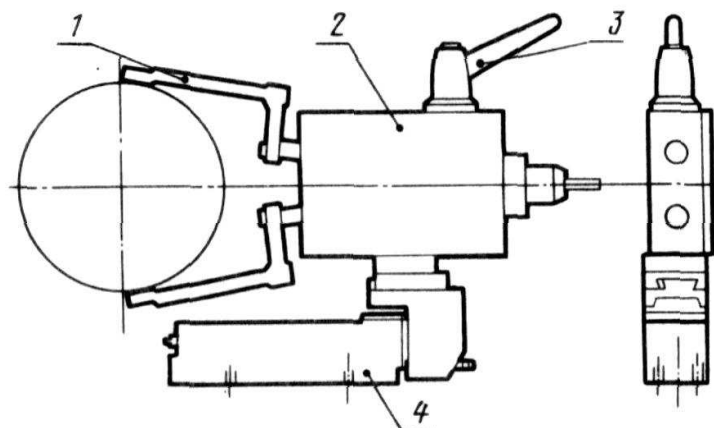


Рис. 20. Измерительная головка MIKROMAR

На рис. 21 показан измерительный датчик фирмы «Ренишау» (Англия), который устанавливается в магазине и как инструмент автоматически может быть установлен в рабочем шпинделе. Датчик позволяет измерять диаметр исходной заготовки, контролировать положение приспособления, измерять диаметр отверстия и т. д.

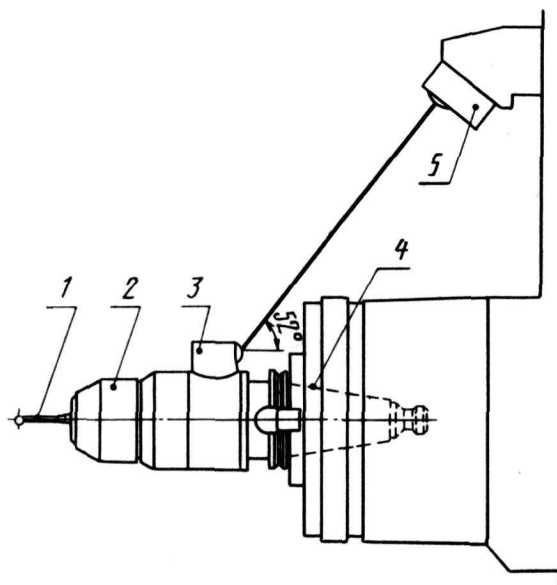


Рис. 21. Измерительный датчик фирмы «Ренишау» (Англия)

Подпружиненный щуп *1* может свободно отклоняться на некоторое расстояние от своего среднего положения в радиальном и осевом направлениях, монтируют его в корпусе *2*, который заканчивается конической оправкой *4*, размеры которой такие же, как и у инструментной оправки, применяемой на станке с магазином режущих инструментов. При установке в рабочий шпиндель станка датчик автоматически закрепляется. На корпусе имеется устройство *3*, предназначенное для передачи сигнала в момент, когда щуп датчика входит в контакт с измеряемой поверхностью. Внутри датчика находится источник питания и генератор инфракрасного излучения. В момент касания щупом измеряемой поверхности инфракрасное излучение поступает в приемник *5*, расположенный над шпинделем.

Далее полученный сигнал обрабатывается и поступает в ЧПУ станка. Устройство используют тогда, когда по программе необходимо выполнить, например, контроль обработанного отверстия или какую-либо другую измерительную операцию.

Большой интерес представляют измерительные машины фирмы «ДЕА» (Италия), которые предназначены для контроля деталей автономно или при встройке в линию производства. Измерительные машины позволяют проводить контрольные измерения различных по конфигурации деталей, произвольно расположенных и ориентированных в пространстве. Измерение размеров (положение центра отверстия, отклонение отверстия от круглости, диаметр

отверстия, ориентация отверстия и др.) выполняется при одном позиционировании заготовки.

На рис. 22 показана измерительная машина BRAVO фирмы «ДЕА», которая служит для измерения заготовок сложной конфигурации на линии производства. В машине имеются два робота 1, измеряющие размеры заготовки с помощью щупа 2 по заданной программе. Щупы 2 перемещаются с большой скоростью и измеряют размеры заготовки по трем координатам. Машина снабжена многопроцессорной системой управления одновременно по шести координатам, имеет большой объем памяти на гибких дисках и связь с центральной ЭВМ.

Измерительную машину BRAVO устанавливают непосредственно на линии производства. Она позволяет производить 100%-ный контроль заготовок в процессе их обработки для определения качества. Машина разработана на основе критериев гибкости и модульности и может включать несколько измерительных рычагов в зависимости от конфигурации заготовки и выполняемых измерительных операций.

Наибольшая скорость позиционирования 33 м/мин при ускорении $3,27 \text{ м/с}^2$; динамическая скорость измерения программируется от 0 до 5 м/мин. Все направляющие выполнены аэростатическими, со специальным покрытием, защищающим от воздействия окружающей среды.

В измерительных машинах фирмы «ДЕА» используются электронные щупы двух типов: для точечного измерения и для непрерывного измерения.

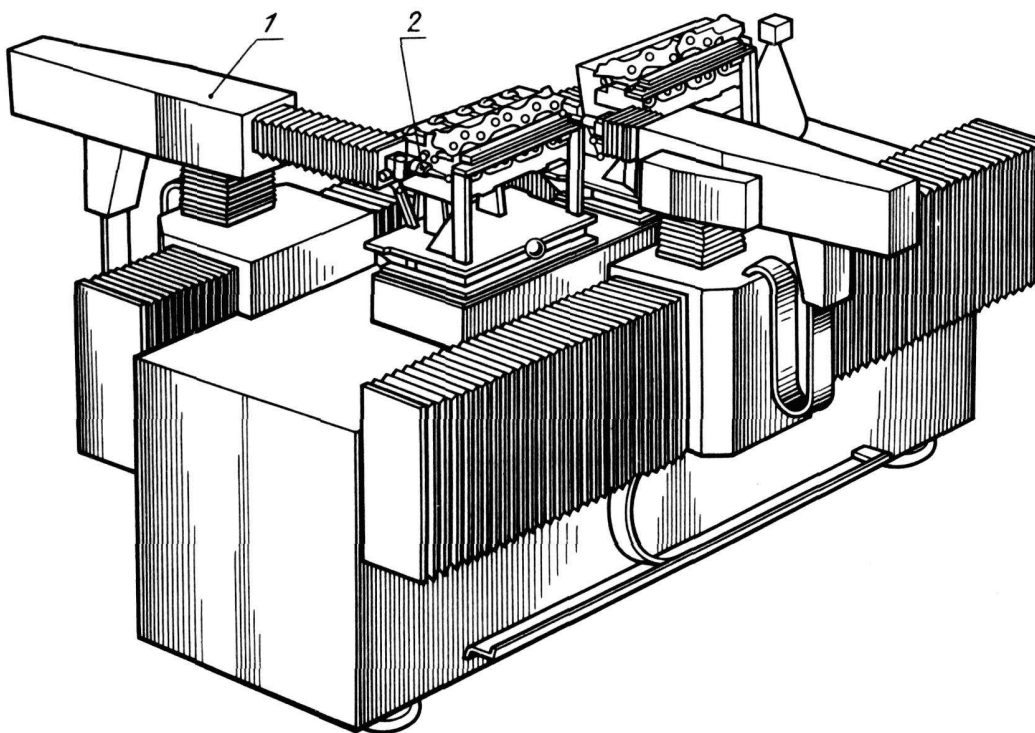


Рис. 22. Измерительная машина BRAVO

Щупы для точечного измерения могут быть однократными (рис. 23, а) и многократными (рис. 23, б). Однократные щупы (ТФ-6) устанавливают в пяти специальных гнездах головки машины, но для того, чтобы измерять разные поверхности заготовки, необходимо менять их направление в течение цикла измерения. Многократные щупы (ТФ-10, ТФ-56) имеют контактные наконечники, которые обеспечивают доступ ко всем граням заготовки без замены инструмента. В цельном многократном щупе ТФ-30 имеются пять электронных контактных наконечников, установленных в головке щупа, которая может быть смонтирована в любом из пяти гнезд головки измерительной машины.

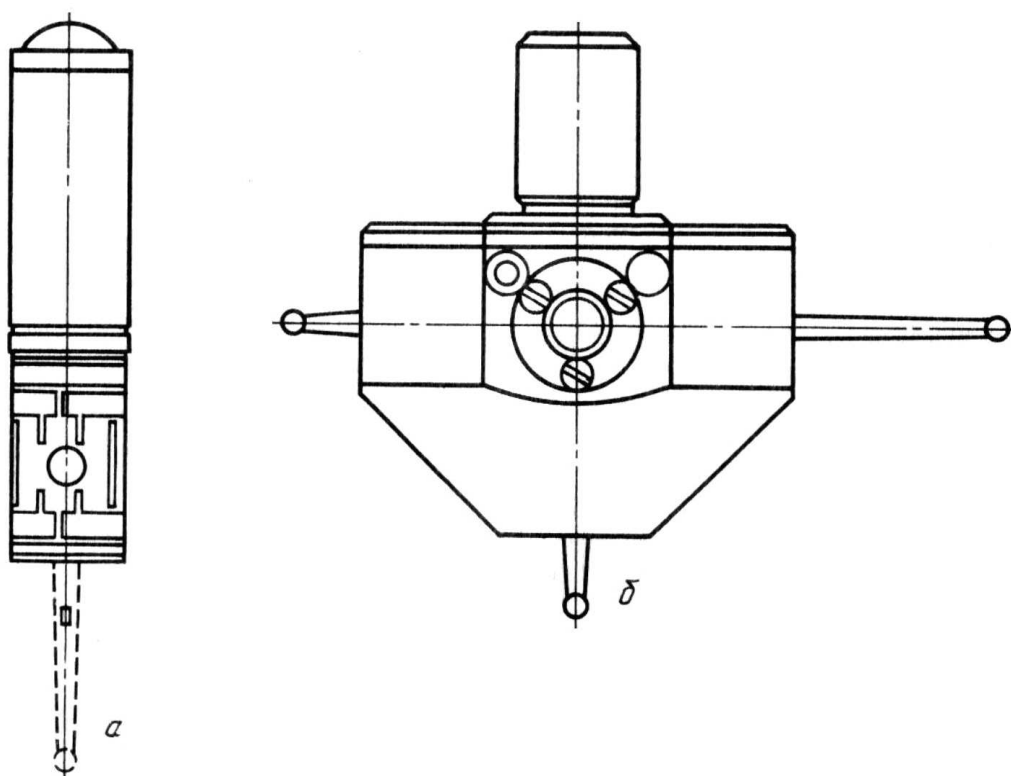


Рис. 23. Электронные щупы

Электронные щупы непрерывного измерения сконструированы так, что при измерении находятся в постоянном контакте с измеряемой поверхностью; по своим конструктивным характеристикам они представляют собой маленькие измерительные машины с собственными датчиками.

8. МЕХАНИЗМЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СМЕНЫ ИНСТРУМЕНТОВ СТАНКОВ С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Особенность многоцелевых станков с ЧПУ — наличие устройств автоматической смены инструментов, основное назначение которых — сокращение времени простоя станков, затрачиваемого на смену инструмента. В зависимости от компоновки станка и его технологических возможностей устройства автоматической смены инструментов включают: накопители инструментов (револьверные головки, магазины шпиндельных гильз, инструментальные магазины); загрузочно-разгрузочные устройства для съема и установки инструмента в шпиндель станка (инструментальные загрузочные автооператоры); промежуточные конвейерные устройства для передачи инструмента от накопителя к загрузочно-разгрузочному устройству при больших расстояниях от шпинделя до накопителя (автооператоры, перегружатели); промежуточные накопители инструментальных наладок, являющиеся местом замены инструмента при больших емкостях магазина.

При использовании системы автоматической смены инструментов вращающийся инструмент обычно устанавливают в специальных патронах или оправках так, чтобы можно было закреплять различные инструменты с высокой точностью.

Наиболее широкое применение в современных многоцелевых станках с ЧПУ получили инструментальные магазины, которые выполняют в виде отдельных механизмов для хранения инструментов (100 шт. и более). В соответствии с программой обработки, инструменты автоматически выбираются из магазина и загружаются в шпиндель станка. Использованные инструменты автоматически возвращаются в магазин. Выбор конструктивной схемы и проектирование системы автоматической смены инструментов производится в зависимости от назначения и компоновки станка. Это особенно важно при создании ГПС. При этом необходимо учитывать, что различные заготовки при их обработке требуют различного числа инструментов. Применение достаточно крупных магазинов инструментов и накопителей заготовок позволяет обработать значительное число различных

заготовок с помощью ГПС, включающих многоцелевые станки с ЧПУ.

Наибольшее распространение получили инструментальные магазины дискового, барабанного и цепного типов. В зависимости от компоновки станка они могут располагаться на шпиндельной бабке, колонне, станине или вне станка (рис. 24).

При расположении дискового магазина на шпиндельной бабке (рис. 24, *а*) не требуется дополнительной координации положения магазина и шпинделя при смене инструмента загрузочным автооператором. Цикл работы автооператора наиболее простой. Однако расположение магазина на шпиндельной бабке увеличивает ее размеры и массу, что уменьшает точность обработки. При расположении магазина на станине (рис. 24, *б–е*) шпиндельная бабка разгружается, цикл смены инструмента усложняется. При каждой смене инструмента шпиндельная бабка должна дополнительно перемещаться из рабочего положения в положение для смены инструмента и обратно. При установке магазина на стойке, расположенной рядом со станком (рис. 24, *ж*), динамические нагрузки магазина не влияют на точность работы станка. Однако увеличиваются габаритные размеры станка, а следовательно, площадь, необходимая для его установки. Многосекционные магазины барабанного типа (рис. 24, *з*), обладая большой вместимостью, позволяют использовать при работе станка одну из секций магазина без перемещения всего запаса инструментов. Конструкция магазинов цепного типа (рис. 24, *и, к*) такова, что можно изменять их вместимость без существенного изменения конструкции станка.

При выборе системы автоматической смены инструмента станка вместимость инструментального магазина должна быть рассчитана так, чтобы можно было обработать заготовки определенных групп по возможности без дополнительной комплектации магазина инструментом. При этом необходимо предусмотреть наличие в магазине определенного базового инструмента для выполнения исходных технологических операций, так как это дает возможность компоновать магазин дополнительно только тем инструментом, который нужен для обработки заготовок новой группы. Кроме того, число мест в

магазине необходимо увеличить с учетом того, что инструменты с меньшей стойкостью или с увеличенным временем резания необходимо иметь в магазине в двух или трех экземплярах, чтобы лучше организовать их переналадку.

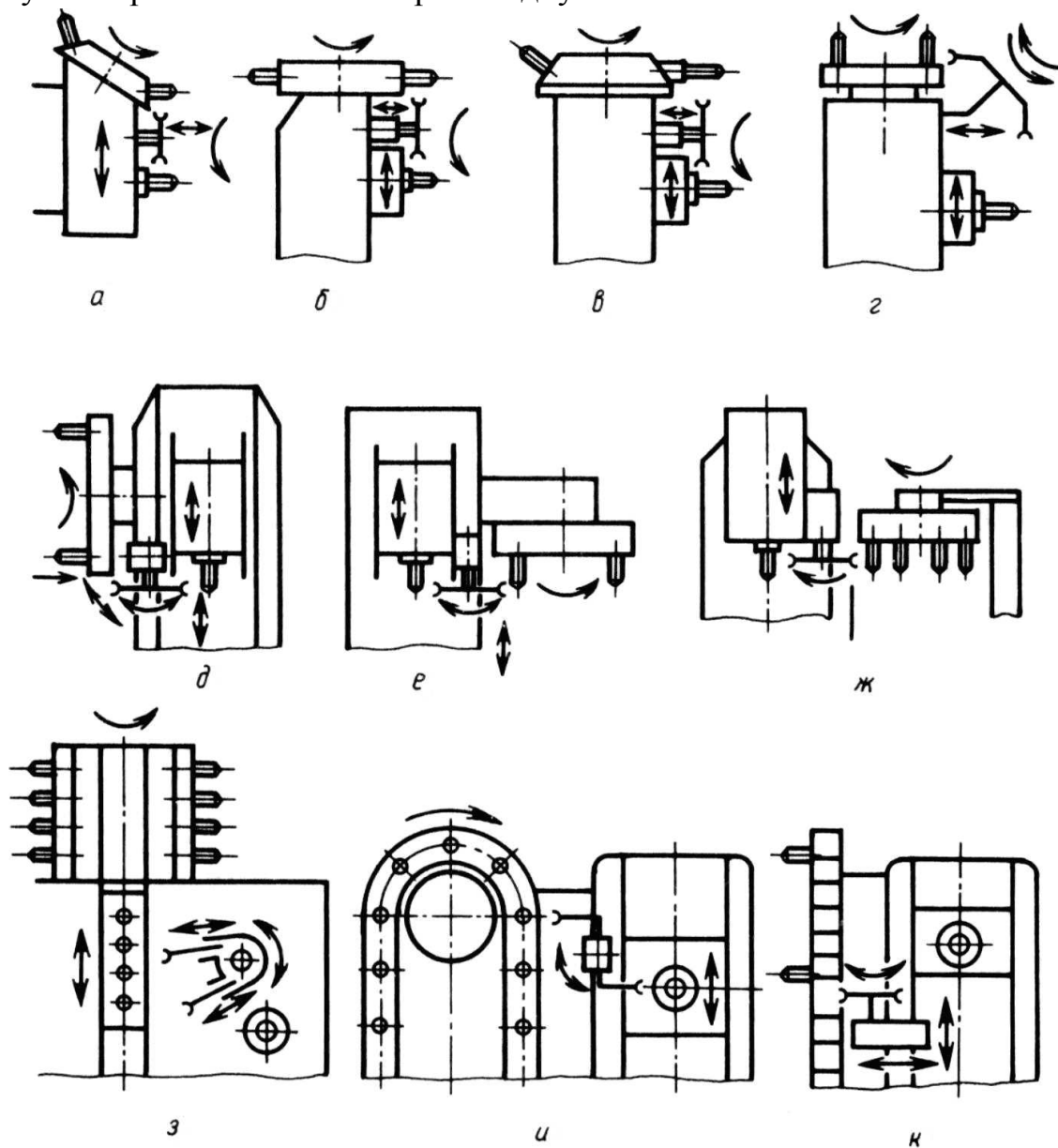


Рис. 24. Типы инструментальных магазинов

При создании гибких производственных систем, включающих многоцелевые станки с ЧПУ, а также в тех случаях, когда для обработки групп заготовок требуется магазин с большим числом

позиций под инструмент, следует предусмотреть возможность стационарного расположения магазина возле станка, учитывая увеличенную в результате этого общую массу оснащенного инструментом магазина. Кроме того, это дает возможность осуществлять автоматическую дозаправку из связанного с ним резервного магазина инструментов.

На рис. 25 показан станок с ЧПУ и автоматической сменой инструмента и заготовок.

Станок предназначен для обработки крупногабаритных заготовок. На нем можно выполнять фрезерование плоскостей пазов и другие технологические операции.

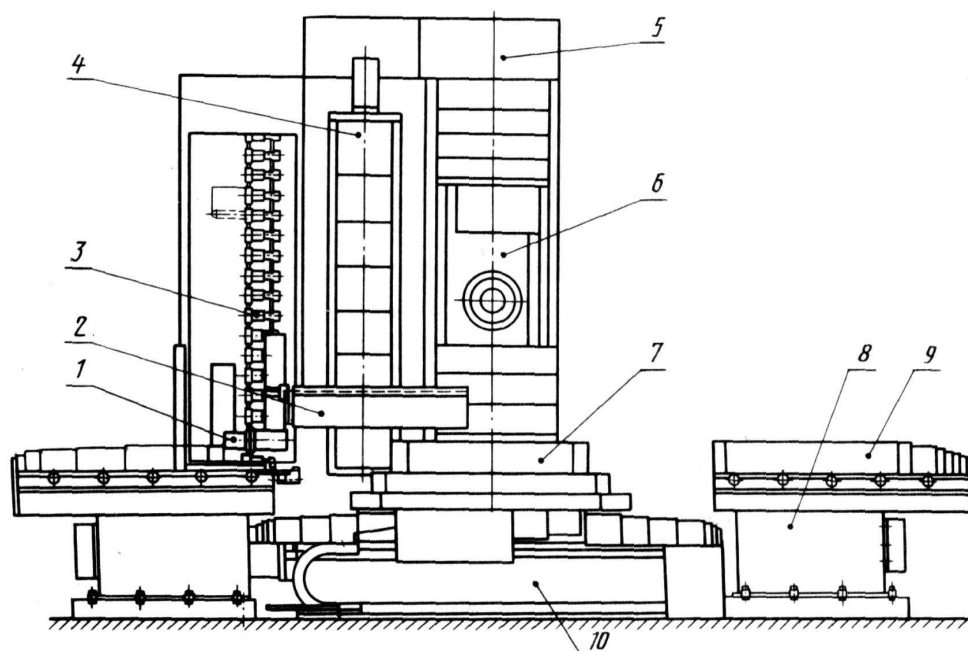


Рис. 25. Станок с ЧПУ и автоматической сменой инструмента

Устройство автоматической смены инструмента включает инструментальный магазин 3 цепного типа, автооператор 1 смены инструмента и траверсу 2, по которой перемещается автооператор. Вертикальное перемещение траверсы 2 осуществляется приводом 4. Шпиндельная бабка 6 перемещается вертикально по стойке 5. Заготовки закрепляют на спутниках 9 в позициях загрузки (тумба 8), после чего они автоматически перемещаются на рабочий стол 7. Все основные узлы станка смонтированы на станине 10.

Цепной инструментальный магазин расположен с левой стороны стойки. Из магазина 3 инструмент вынимается, переносится и вставляется в рабочий шпиндель автооператором 1, который перемещается по траверсе 2. Смена инструмента может производиться в любом положении шпиндельной бабки 6. Во время работы станка траверса находится в нижнем положении.

Продольное перемещение и поворот руки автооператора, подъем и опускание траверсы, вращение цепи магазина выполняются от электродвигателей постоянного тока. Цепь магазина может вращаться в обе стороны. Поиск инструмента происходит по кратчайшему пути. Останов цепи осуществляется после последовательного тройного снижения скорости. После нахождения требуемого инструмента и останова цепи магазина она фиксируется с помощью фиксатора, приводимого в действие гидроприводом. Фиксированное и нефиксированное положение цепи магазина контролируется двумя конечными выключателями.

Перемещение автооператора 2 (рис. 26) по траверсе 4 и поворот его руки 1 осуществляются от одного электродвигателя 3 постоянного тока. Направление перемещения или поворота выбирают путем включения одной из двух электромагнитных муфт привода автооператора. Перемещение автооператора и поворот руки выполняются на большой скорости, которая в конце хода снижается по команде от конечного выключателя. Останов осуществляется по команде от других конечных выключателей.

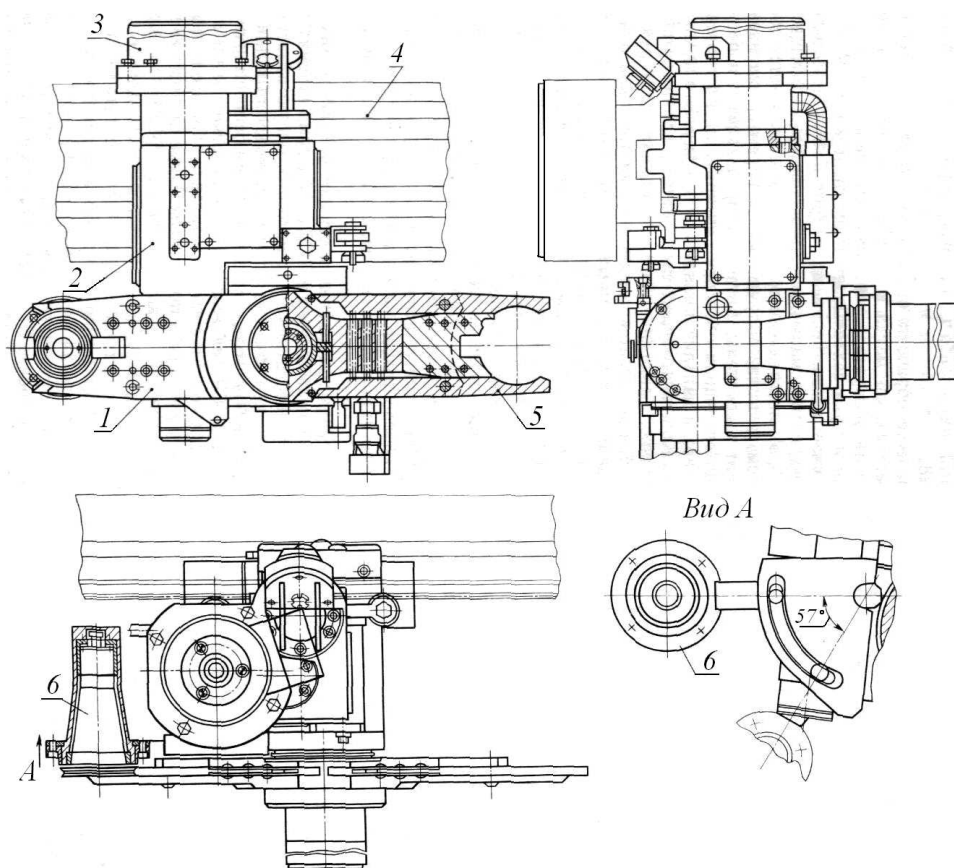


Рис. 26. Автооператор автоматической смены инструмента

Захват и удержание инструмента происходят с помощью подпружиненных губок 5 руки автооператора 1. Для большей надежности удержания инструмента в захвате руки автооператора при его перемещении из магазина в рабочий шпиндель и обратно он помещен в специальный носитель 6. Носитель 6 инструмента поворотный, в момент захвата инструмента из магазина он отведен. После захвата инструмента в магазине, осевого перемещения руки и продольного перемещения автооператора в позицию ожидания к руке 1 подводится носитель инструмента и взятый инструмент вставляется в него. Рука автооператора выдвигается вперед и возвращается гидроцилиндром. Крайнее положение контролируется конечными выключателями. Траверса вместе с автооператором перемещается вверх и вниз от привода 4 с электродвигателем постоянного тока. Замедление движения в конце хода и останов траверсы происходят по команде от конечных выключателей. В нижнем положении, в зоне загрузки и выгрузки из магазина, траверса устанавливается на жесткий упор. В верхнем положении (положение у шпинделя)

траверса фиксируется с помощью гидравлического фиксатора, расположенного на шпиндельной бабке. Фиксированное и расфиксированное положения траверсы контролируются конечными выключателями. Во время работы станка траверса находится в нижнем положении и закрыта кожухом, предохраняющим ее от стружки. Кожух открывается и закрывается гидроприводом. Закрытое и открытое положения контролируются конечными выключателями.

Смена инструмента в шпинделе происходит в его определенном положении по координате. При установке инструмента в шпиндель он должен быть правильно сориентирован, шпонки шпинделя должны быть расположены горизонтально. Инструментальная оправка зажимается в шпинделе специальным цанговым зажимом, сила зажима создается пакетом тарельчатых пружин. При вынимании инструмента из шпинделя разжим цангового замка происходит от гидроцилиндра. Разжатое и зажатое положения инструмента в шпинделе контролируются конечными выключателями.

В процессе обработки заготовки, когда по команде от ЧПУ инструментальный магазин установил необходимый инструмент напротив автооператора, автооператор перемещается с позиции ожидания и рука захватывает инструмент 2 (рис. 27, *а*). Затем рука получает осевое перемещение (рис. 27, *б*) и выводит инструмент 2 из гнезда магазина. Автооператор перемещается назад (рис. 27, *в*), носитель инструмента устанавливается соосно с инструментом, а рука, получая осевое перемещение назад, вводит инструмент в носитель. Автооператор находится в позиции ожидания. По окончании обработки инструментом 5 траверса поднимается вверх и находит шпиндельную бабку. Это положение фиксируется. Кожух траверсы открывается, автооператор подходит к шпиндельной бабке (рис. 27, *г*) – и механическая рука берет инструмент 5. Совершается осевой ход механической руки, инструмент 5 вынимается из шпинделя (рис. 27, *д*), механическая рука поворачивается на 180° и, получая осевое перемещение в обратном направлении, устанавливает в шпиндель новый инструмент 2. Автооператор уходит от шпиндельной бабки в позицию ожидания. Кожух траверсы закрывается. Траверса опускается вниз в позицию ожидания (рис. 27, *е*). Далее совершается осевой ход механической руки, носитель инструмента поворачивается, автооператор подходит к инструментальному магазину, и механическая рука, получая осевое перемещение в обратном направлении, вставляет отработавший

инструмент 5 в гнездо инструментального магазина. Автооператор перемещается от инструментального магазина в позицию ожидания. Начинается поиск нового инструмента.

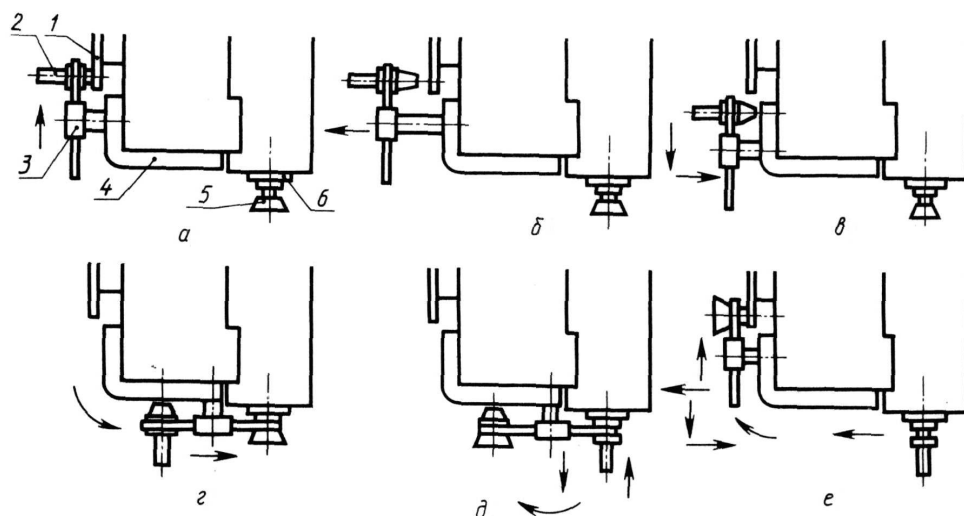


Рис. 27. Цикл работы автооператора автоматической смены инструмента:
1 – инструментальный магазин; 2 – инструмент, необходимый для последующей обработки; 3 – автооператор; 4 – траверса; 5 – инструмент, обрабатывающий заготовку; 6 – рабочий шпиндель станка

При создании многоцелевых станков с ЧПУ, которые предназначены для использования в ГПС, необходимо стремиться к тому, чтобы станок обеспечивал как можно большую область применения при высокой степени приспособляемости или гибкости. В этом случае большое значение имеет емкость инструментальных магазинов. В настоящее время ведутся исследования и конструкторские разработки в этом направлении. Определенный интерес представляют системы автоматической смены инструментов, разработанные фирмой «Хюллер Хилле» (ФРГ). Например, на рис. 28 показан многоцелевой станок с дисковыми накопителями инструментов и системой автоматической смены заготовок.

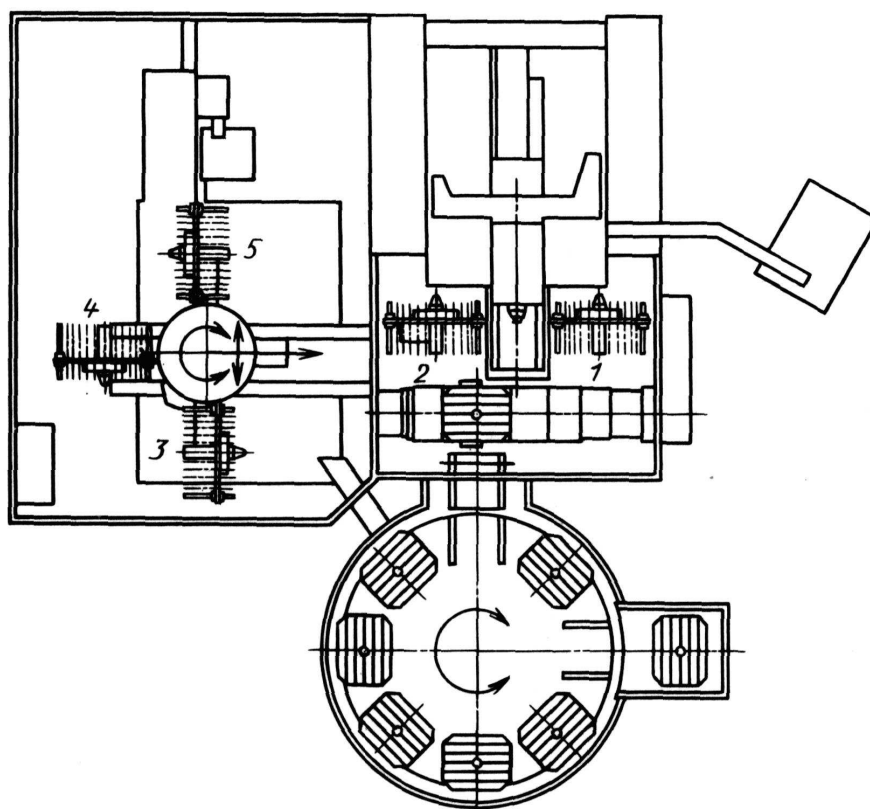


Рис. 28. Многоцелевой станок с дисковыми инструментальными магазинами фирмы «Хюллер Хилле»

Станок снабжен пятью дисковыми магазинами, каждый из которых включает по 24 инструмента. Два дисковых магазина инструментов 1 и 2 установлены в позициях загрузки инструментов у шпиндельной бабки. Если инструментов в дисковых магазинах 1 и 2 недостаточно для обработки заготовок, то для расширения объема инструментального магазина используется автоматический магазин дисковых инструментальных накопителей. Левый дисковый магазин 2 инструментов может быть автоматически по программе заменен любым из трех (3, 4, 5) дисковых магазинов инструментов, в результате чего общее число инструментов составляет 120.

Система оригинальна тем, что смена и подача инструмента к рабочему шпинделю выполняются непосредственно при движении самого дискового магазина без применения промежуточного автооператора (рис. 29).

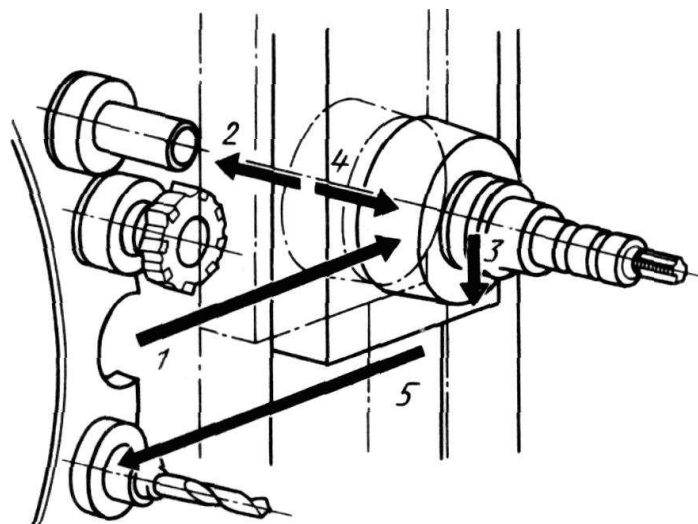


Рис. 29. Цикл автоматической смены инструмента в станке с дисковыми инструментальными магазинами

Цикл смены инструмента заключается в следующем. По окончании обработки рабочий шпиндель перемещается в позицию смены инструмента, инструментальный диск перемещается в радиальном направлении (движение 1), в свободное гнездо устанавливается отработавший инструмент и закрепляется в нем. Шпиндель перемещается назад (движение 2), освобождая отработавший инструмент. Дисковый магазин инструментов поворачивается по программе – и напротив шпинделя устанавливается новый инструмент (движение 3). Шпиндель, перемещаясь вперед (движение 4), закрепляет его. Далее инструментальный диск перемещается назад (движение 5) и останавливается в таком положении. Начинается обработка.

На рис. 30 приведен многоцелевой станок 1 фирмы «Хюллер Хилле» (ФРГ) с кассетным магазином инструментов и системой автоматической смены заготовок 5. В отличие от рассмотренных ранее конструкций магазинов инструментов в этой конструкции инструменты укладываются в так называемых магазинных кассетах 2, устанавливаемых на основной раме 3.

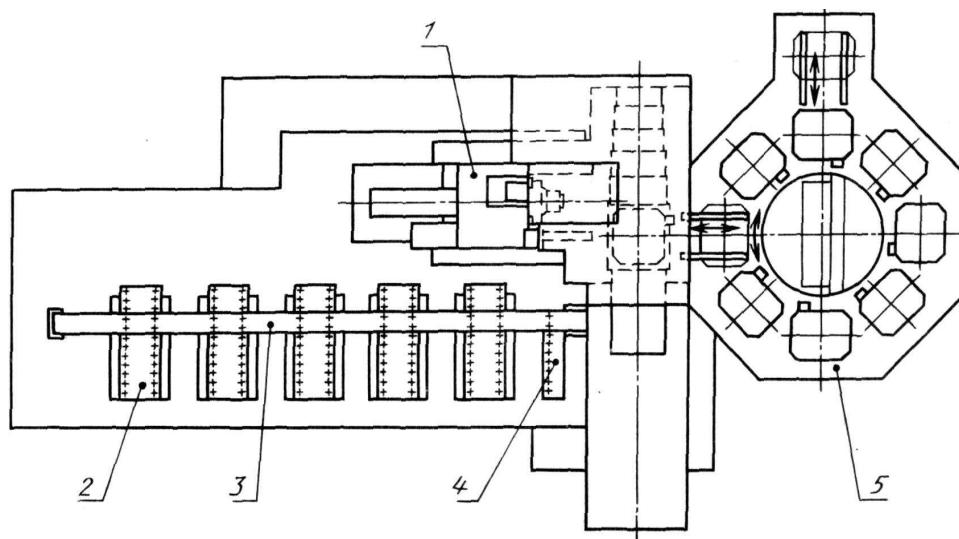


Рис. 30. Многоцелевой станок с кассетным инструментным магазином фирмы «Хюллер Хилле»

Кассеты магазина имеют 25 мест, отмеченных определенным кодом, который устанавливают на складе инструментов. На раме устройства предусмотрено девять постоянных мест (позиция 4), которые обычно заняты универсальным инструментом, например фрезерной головкой, измерительным датчиком и т. п., чем достигается возможность ручной замены отдельного инструмента. Смену кассет можно производить вручную (с помощью управляемого автопогрузчика) или автоматически (с помощью индуктивно управляемого напольного транспортного средства).

Для передачи инструмента на загрузку в рабочий шпиндель станка применяют подвесное транспортное приспособление 1 (рис. 31), управляемое от ЧПУ, которое берет, в соответствии с программой обработки заготовки, определенные инструменты из кассет и транспортирует их на место загрузки к станку; далее двойной автооператор 2 выполняет непосредственно смену инструмента в рабочем шпинделе станка. Инструмент, взятый из рабочего шпинделя, передается в транспортное приспособление 1 и возвращается в кассету на свое закодированное место. Рабочее пространство инструментного магазина полностью отделено от зоны обработки. При смене инструмента открывается дверь, которая по окончании операции смены автоматически закрывается.

Такая конструкция магазина инструментов дает возможность производить как ручную, так и автоматическую смену кассет. Кассеты

служат емкостями при транспортировании инструмента между станцией настройки инструмента и многоцелевым станком.

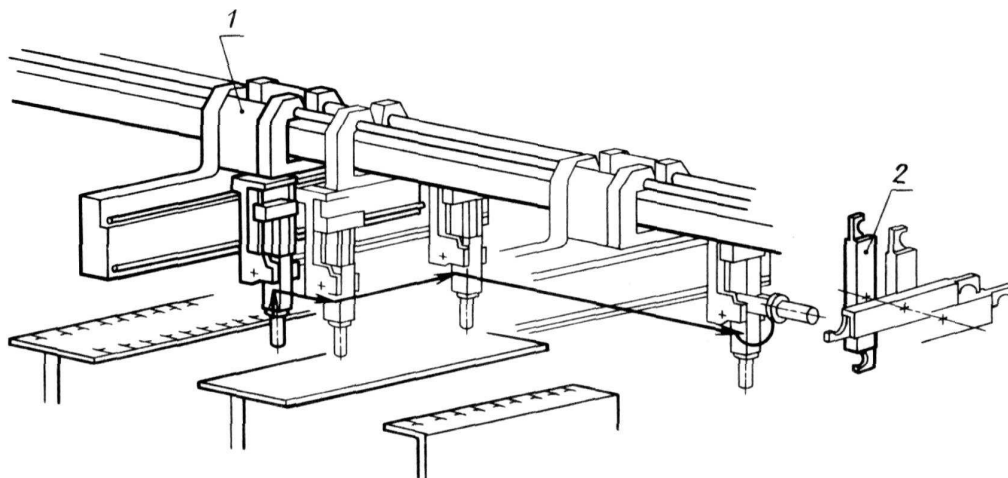


Рис. 31. Транспортное приспособление и автооператор смены инструмента при кассетном магазине инструментов

С момента установки их в магазине они являются его составной частью.

Рекомендуется одно место для кассет оставлять не занятым для использования «странствующих» кассет. «Странствующие» кассеты – это обычные кассеты, содержащие сменные или запасные инструменты, в зависимости от программы обработки. Подобные кассеты могут подаваться к нескольким многоцелевым станкам. Если кассета установлена на незанятом месте, то, согласно программе обработки автоматическое устройство манипулирования выполняет замену новыми инструментами не нужных больше инструментов или же замену отработавших инструментов запасными. С помощью такой системы кассетного магазина достигается быстрая переналадка многоцелевого станка.

При большом числе заготовок и часто повторяющейся определенной операции целесообразно использовать многошпиндельные насадки, которые могут быть установлены прямо в цепном магазине станка, если габарит головки это позволяет, или в дополнительном отдельно устанавливаемом магазине для многошпиндельных насадок.

Системами автоматической смены многошпиндельных насадок снабжаются многоцелевые и агрегатные станки с ЧПУ. Это увеличивает их технологические возможности и повышает производительность.

Многошпиндельные насадки обычно жесткой конструкции, с определенной координатной установкой шпинделей. Шпиндели имеют общий ход подачи, вращение им передается от одного рабочего вала. Многошпиндельные насадки можно применять при сверлении и фрезеровании с небольшими силами резания.

Для конструирования многошпиндельных насадок характерно то, что большая их часть может быть набрана варьированием ограниченного числа определенных стандартом частей. Это дает много преимуществ как при проектировании многошпиндельных насадок, так и при их изготовлении, уменьшая время изготовления и стоимость насадок, а также обеспечивая возможность дальнейшего использования при изменении или смене заготовок.

Магазины многошпиндельных насадок в зависимости от их габаритов выполняются цепными, стеллажными, дисковыми, с поворотными столами и с поворотными револьверными головками. Каждая насадка кодируется и по программе выдается на рабочее место. На рис. 32, а показан многоцелевой станок 2 с цепным магазином многошпиндельных насадок 1 и цепным магазином инструментов 3.

В зависимости от программы обработка производится или одним инструментом, или с использованием многошпиндельной насадки. На рис. 32, б приведен многоцелевой станок 2 со стеллажным магазином многошпиндельных насадок 1. Дисковый накопитель агрегатного станка с ЧПУ показан на рис. 32, в. На рис. 32, г многошпиндельные насадки установлены на поворотном столе, причем каждая из них имеет самостоятельный силовой привод. Револьверная головка с многошпиндельными насадками приведена на рис. 32, д. В данном случае имеется один силовой привод, и в

зависимости от программы в рабочую позицию подается определенная многошпиндельная насадка.

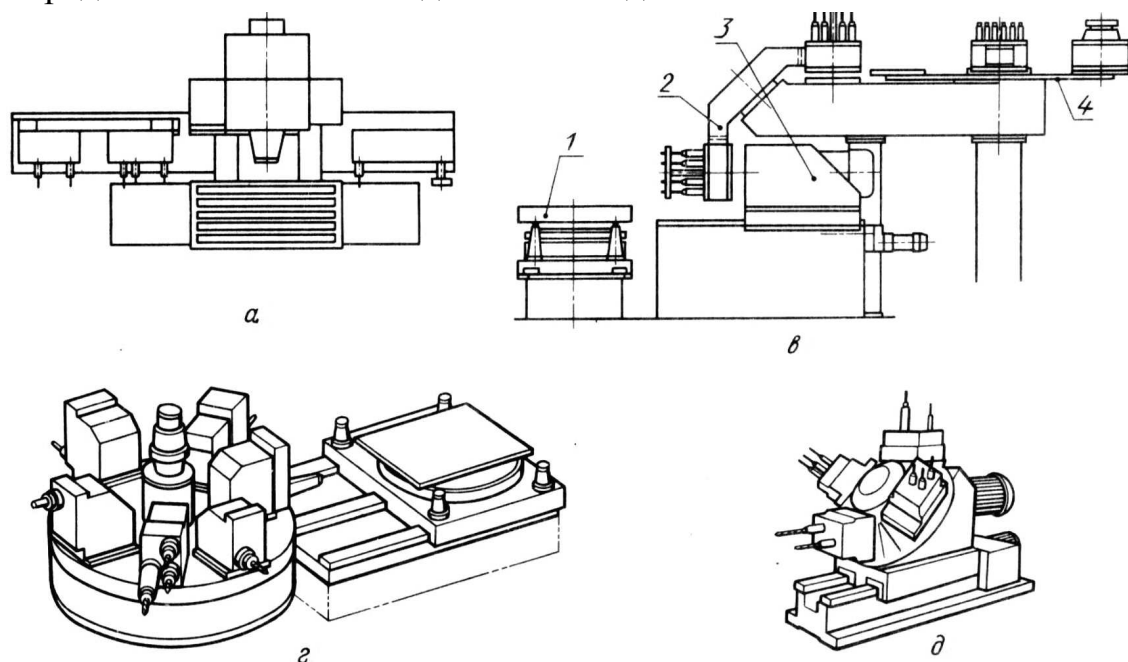


Рис. 32. Типы магазинов инструментных:

- а* – цепной; *1* – магазин многошпиндельных насадок; *2* – многоцелевой станок с ЧПУ; *3* – цепной инструментный магазин;
- б* – стеллажный: *1* – стеллажный магазин многошпиндельных насадок; *2* – многоцелевой станок с ЧПУ; *3* – рабочий стол станка с системой автоматической смены заготовок; *4* – подъемник насадок;
- в* – дисковый: *1* – рабочий стол; *2* – автооператор смены многошпиндельных насадок; *3* – силовая головка; *4* – дисковый магазин многошпиндельных насадок;
- г* – с поворотным столом; *д* – с поворотной револьверной головкой.

Выбирают конструктивную схему и проектируют систему автоматической смены инструментов в зависимости от назначения и компоновки станка, а также возможности использования его в гибких производственных системах. К системам автоматической смены инструментов предъявляют следующие требования: минимальное время на смену инструментов, достаточная емкость накопителя инструментов, компактность, долговечность и высокая надежность работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Варакин Ю. М. Автоматизация лесопильного производства. – М.: Лесная промышленность, 1970.
2. Грубе А. Э., Санев В. И. Автоматизация станочной обработки деталей в деревообрабатывающей промышленности. – М.: Лесная промышленность, 1970.
3. Маковский Н. В. Основы автоматизации деревообрабатывающего производства. – М.: Лесная промышленность, 1971.
4. Морозов Н. А., Морозов А. Н. Автоматизация загрузочных операций на деревообрабатывающих станках и станочных линиях. – М.: Лесная промышленность, 1975.
5. Вильке Г. А. Автоматизация производственных процессов лесопромышленных предприятий. – М.: Лесная промышленность, 1972.
6. Проников А. С. Надежность машин. – М.: Машиностроение, 1978.
7. Точность и надежность станков с числовым программным управлением / А. С.Проников, В. С.Стародубов, М. С. Укалов и др.; под ред. А. С. Проникова. М.: Машиностроение, 1982.
8. Нахапетян Е. Г. Определение критериев качества и диагностирования механизмов. – М.: Наука, 1977.